

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Кузьмінський Є.В.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія»
(код і назва)

на тему: Комплексна технологія біологічного очищення та фізико-хімічного доочищення стічних вод міста Кам'янець-Подільський та сирзаводу

Виконавля: студентка 4 курсу, групи БЕ-51
(шифр групи)

_____ Вишковська Анна Олексіївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник _____ д.т.н., професор Саблій Лариса Андріївна _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____ д.т.н., професор Саблій Л.А. _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____ к.т.н., ст. викладач Поліщук В.Ю _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

РЕФЕРАТ

Україна налічує велику кількість підприємств молочної галузі, які при виробництві молочних та кисломолочних продуктів використовують чисту воду, яка в процесі виробництва забруднюється переважно органічними домішками.

Метою дипломного проекту є аналіз складу стічних вод сирзаводу та вибір технології, яка дозволить найефективніше очистити стічну воду від забруднень з використанням мінімальної кількості економічних ресурсів.

Так як використання первинного відстоювання є не ефективним для очищення стічних вод сирзаводів через зростання концентрацій завислих речовин, було прийнято рішення використовувати технологію багатоступеневого анаеробно-аеробного очищення стічних вод з фізико-хімічним доочищенням. Ця технологія дозволяє одержати високу ефективність очищення стічних вод: від органічних забруднень за ХСК - на 94-97%, від азоту амонійного - на 95-97%, від завислих речовин - на 95-93%; економити електроенергію в 1,5-2 рази порівняно з іншими технологіями. Дана технологія дозволяє отримати багатий і різноманітний біоценоз, який на 99% забезпечує біологічну дезінфекцію мулу і стоку.

Даний курсовий проект налічує п'ять порівняльних таблиць, три технологічні схеми, три графічні роботи та 29 бібліографічних найменувань.

Ключові слова: сирзавод, стічна вода, активний мул, завислі речовини, органічні домішки, анаеробно-аеробне очищення, аеротенк.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД СИРЗАВОДУ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА, ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ.....	
1.1 Характеристика стічних вод сирзаводу.....	
1.2 Обґрунтування і вибір технології очищення стічних вод сирзаводу.....	
1.3 Вибір технології в залежності від продуктивності очищаючих споруд...	
1.4 Характеристика біологічного агента.....	
2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	
2.1 Процес денітрифікації.....	
2.2 Біологічні процеси в аеротенку.....	
2.3 Характеристика кінцевого продукту.....	
3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	
3.1 Сировина та матеріали.....	
3.2 Опис технологічної схеми очищення стічних вод міста та сирзаводу.....	
3.3 Матеріальний баланс.....	
4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ.....	
4.1 Розрахункові витрати стічних вод.....	
4.2 Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод.....	
4.3 Характеристика аеротенка.....	
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

ВСТУП

Водовідведення, як і водопостачання, відіграє важливу роль у забезпеченні необхідних умов проживання в місті. Система водовідведення - необхідний елемент сучасного міського господарства. Порушення і збої в її роботі можуть погіршити санітарно-епідеміологічну ситуацію в місті.

На сьогоднішній день постає проблема скиду неочищених локально промислових стічних вод до міських каналізацій. За рахунок цього відбувається ускладнення біологічної очистки стічних вод на міських очисних спорудах. Тому необхідна достатня попередня очистка стічних вод на локальних очисних спорудах підприємства.

Необхідність пошуку та розроблення нових технологій очищення стічних вод сирзаводу обґрунтована низькою ефективністю роботи існуючих очисних споруд. За останнє десятиліття спостерігається зміна фазово-дисперсного складу стічних вод сирзаводів, пов'язана із зростанням попиту на кисломолочну продукцію та зменшенням обсягів виробництва пастеризованого молока, а також підвищенням концентрації нерозчинених органічних часток порівняно із вмістом розчинених сполук.

Для очищення стічних вод застосовують безліч методів, які дають змогу ефективно вилучати забруднення. На промислових підприємствах повинно здійснюватися локальне очищення виробничих стічних вод перед скиданням їх у міську каналізацію, а на міських очисних спорудах – повне біологічне очищення. Для локального очищення потрібно видалити усі шкідливі речовини, які гальмують біохімічні процеси під час біологічного очищення на міській станції аерації. Біологічне очищення та фізико-хімічне доочищення виробничих стічних вод, забезпечує можливість їх повторного використання у виробництві. Тому ставляться високі вимоги до якості та кількості виробничих стічних вод, які скидають у міську каналізацію.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТИЧНИХ ВОД СИРЗАВОДУ, БІОЛОГІЧНОГО АГЕНТА, ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

1.1 Характеристика стічних вод сирзаводу

За останні роки в Україні спостерігається постійне зростання попиту на продукти сиру. Сирзаводи споживають чисту воду, яка у процесі її використання на технологічні та інші потреби забруднюється різноманітними домішками, переважно органічними. Низька ефективність первинного відстоювання при очищенні стічних вод сирзаводів та зростання концентрацій завислих речовин є причинами пошуку нових рішень щодо очищення стічних вод підприємств молочної промисловості.

На підприємстві з виробництва сиру основною сировиною є цільне молоко. Прийом та охолодження молока проводиться на молоко прийомних пунктах. Охолоджене молоко відправляється для переробки на молочні заводи. Сепарація молока, що приймається виробляється в сепараторних відділах. Отримані вершки охолоджуються та направляються на молочні заводи для подальшої переробки. Обезжирене молоко пастеризується та охолоджується, частина передається поставникам молока для годування телят та свиней. Інша частина іде на приготування обезжиреного сиру [1].

На підприємствах з виробництва сиру утворюються два види виробничих стічних вод: забруднені і незабруднені. Забруднені стічні води утворюються при митті обладнання, технологічних трубопроводів, автомобільних і залізничних цистерн, фляг, склотари, підлог, панелей виробничих приміщень. Незабруднені стічні води утворюються при охолодженні молока і молочних продуктів та, як правило, направляються в систему оборотного водопостачання або на повторне використання для мийки обладнання, тари та інших цілей.

Для сирзаводу характерна нерівномірність відведення стічних вод, так як в процесі промивання обладнання концентрації забруднень зростають у 3-4 рази. Тому коефіцієнт годинної нерівномірності відведення стічних вод на казеїновому виробництві становить 2,1.

Кількість забруднених стічних вод становить 20-50% загального стоку. Витрата незабруднених виробничих стічних вод, що направляються в систему оборотного водопостачання або па повторне використання, становить до 60-80% загальної витрати води на підприємстві. Загальна витрата стічних вод, що скидаються сирзаводом, коливається від 15-20 до 2500 м³/добу [2].

Забруднення виробничих стічних вод сирзаводу складаються з втрат молока і молочної продукції, відходів виробництва, реагентів, що застосовуються при митті тари, примісей, що змиваються з поверхні тари, обладнання, підлог і панелей приміщень.

Найбільш забрудненими є виробничі стічні води, кількість яких становить 85-90% загальної витрати і які містять 90-97% забруднень. У стічні води потрапляють молоко та молочні продукти, частинки сиру, розчинені органічні (молочні жири, білки, цукор, синтетичні поверхнево-активні речовини) та неорганічні (сода, сіль харчова, соляна і сірчана кислоти) речовини та сторонні предмети (скло, фольга, пісок і т. п.), крім того, сполуки азоту, фосфору, солі калію, марганцю, вітаміни А, С, Д, В, В₂ та ферменти.

Скидання стічних вод підприємств молочної промисловості у водойми без попереднього очищення зумовлює шкідливий вплив, в водоймах відбувається порушення процесів саморегуляції в біоценозах, у них починають домінувати види, найбільш пристосовані до нових умов (хлорококові водорості та ціанобактерії), які ускладнюють роботу водоочисних споруд.

Стічні води сирзаводів відносяться до категорії висококонцентрованих стічних вод нестабільного складу.

Таблиця 1. Характеристика стічних вод сирзаводу

Показник	Сирзавод
Завислі речовини, мг/дм ³	600

Сухий залишок, мг/дм ³	3000
ХСК, мг/дм ³	3000
БСК _{повне} , мг/дм ³	2400
Азот загальний, мг/дм ³	90
Фосфати, мг/дм ³	16
Хлориди, мг/дм ³	200
Жири, мг/дм ³	До 100

Стічні води підприємств молочної галузі характеризуються різкими коливаннями показника pH протягом доби, що пояснюється почерговим використанням для миття технологічного обладнання кислих та лужних миючих розчинів. В першому випадку pH знижується до 2-3, що викликає швидкий гідроліз органічних забруднень продуктів сиру з утворенням органічних кислот (в основному молочної), а в другому досягає 9-11. Крім того, органічні кислоти, що утворюються в процесі скисання молока при одержанні сиру, кефіру та інших кисломолочних продуктів, підкислюють стічні води до pH . рівного 3-4 [3].

Оскільки для миття обладнання використовують нагріті миючі розчини та воду, стічні води мають досить високу температуру (до 32°C).

Однією з найбільш важливих проблем при очищенні стічних вод сирзаводів є наявність в них жирів. Жири здійснюють негативний вплив на систему каналізації, так як при транспортуванні вони відкладаються на стінках трубопроводів і колекторів, знижуючи їх пропускну здатність і прискорюючи вилугування бетону. Наявність жирів призводить до порушення процесу біологічного очищення, оскільки при розкладанні жирів утворюються жирні кислоти і змінюється реакція середовища до pH 4.5-5. В результаті в активному мулі розвиваються переважно нитчасті форми бактерій, збільшується муловий індекс і посилюється винос мулу з відстійників.

1.2 Обґрунтування і вибір технології очищення стічних вод сирзаводу

Для очищення стічних вод сирзаводів застосовують переважно методи біологічного очищення, що пояснюється не тільки особливостями складу стічних вод, а й економічною доцільністю застосування біотехнології. Через високі експлуатаційні витрати та проблемність утилізації відходів, що утворюються в процесі очищення, фізико-хімічні методи використовуються обмежено (лише для попереднього очищення, при дефіциті земельних ділянок та у складних кліматичних умовах) [4].

У результаті аналізу роботи очисних споруд підприємств казеїнового виробництва підтверджена низька ефективність класичної біотехнології, що пояснюється непристосованістю конструкцій та біоценозів біологічних очисних споруд до складу стічних вод підприємств молочної промисловості; для аеротенків характерним є “спухання” активного мулу, що пояснюють інтенсивним розвитком нитчастих бактерій, а для біофільтрів – замулення фільтруючого завантаження.

Через високі експлуатаційні витрати та проблемність утилізації відходів, що утворюються в процесі очищення, фізико-хімічні методи використовуються лише для попереднього очищення, при дефіциті земельних ділянок та у складних кліматичних умовах. Існуючі фізико-хімічні технології очищення стічних вод потребують використання речовин, які самі можуть викликати забруднення, є енерговитратними, потребують додаткових технологій утилізації одержаних речовин, не вирішують питання утилізації осадів [5].

Оскільки характер забруднень стічних вод сирзаводів дозволяє використовувати в процесах їх очищення широкий спектр організмів, які мають різні метаболічні властивості та потреби, існує можливість ефективного очищення стічних вод та надання їм високих кондицій якості без утворення надмірного об’єму осаду. Для практичної реалізації такої ідеї необхідна розробка технологічної схеми біологічного очищення стічних вод молокозаводів (рис.1), комплекс споруд якої реалізують переваги просторової сукцесії організмів та розгалуженого трофічного ланцюга.

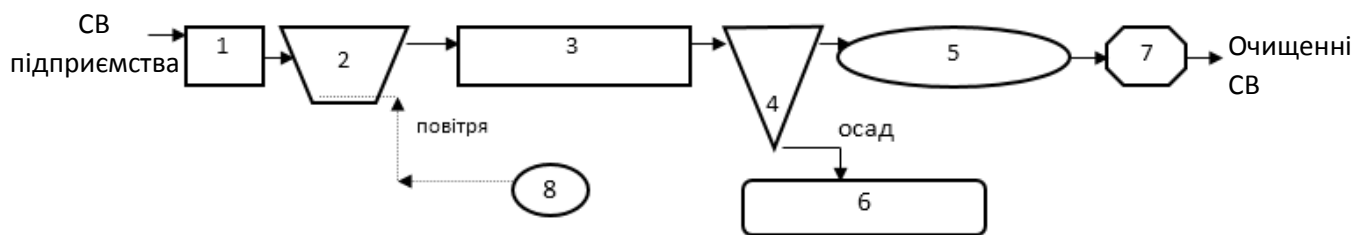


Рис. 1. Технологічна схема очищення стічних вод сирзаводів на затопленому біофільтрі.

1 - блок механічного очищення (жироуловлювач, піскоуловлювач),
 2 - усереднювач, 3 - затоплений біофільтр, 4 - відстійник, 5 - біоставок,
 6 - блок обробки осаду, 7 - блок знезараження, 8 - компресор (повітродувка)

Необхідність включення у технологічну схему усереднювача пояснюється не лише високим коефіцієнтом нерівномірності надходження стічних вод ($\kappa = 1,4-3$) та різкими коливаннями концентрацій та температури стічних вод, а й можливістю зменшити показники БСК, ХСК, амонійного азоту у стічній воді в процесі усереднення (аерування) за рахунок хімічного окиснення, віддувки та біофлокуляції. Після усереднювача стічна вода має бути очищена у біореакторі від органічних сполук, що містяться в ній в розчиненому та нерозчиненому станах. Відсутність у запропонованій технології очищення первинного відстійника пояснюється невисокою ефективністю відстоювання стічних вод молочної промисловості та можливістю мінералізувати нерозчинені органічні частки завдяки штучно створеному біоценозу затопленого біофільтра [6].

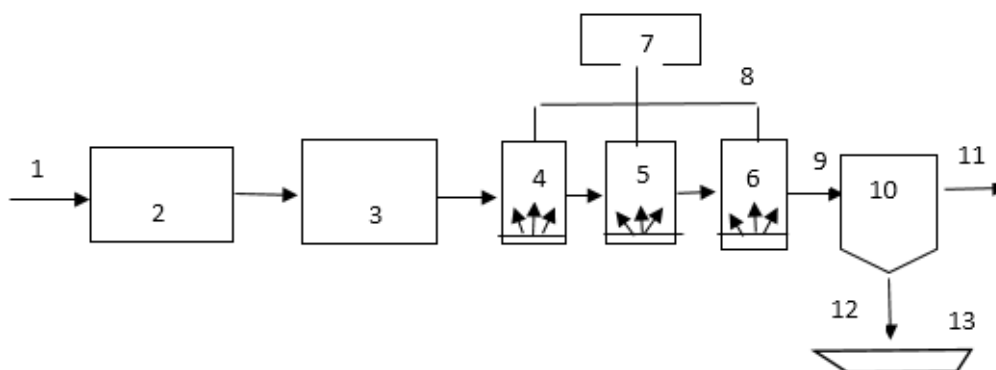


Рис.2. Технологія багатоступеневого анаеробно-аеробного очищення
висококонцентрованих стічних вод

1 - подача стічних вод; 2,3 - анаеробні біореактори відповідно I і II ступенів; 4,5 - аноксидні біореактори відповідно I і II ступенів; 6 – аеробний; біореактор; 7 - повітрорудна станція; 8 – повітропроводи; 9 - відведення стічних вод з аеробного біореактора; 8 - волокнистий носій; 9 - циркуляційний насос; 10 – вторинний відстійник; 11 - трубопровід відведення очищеної води; 12 – відведення осаду; 13 – мулові майданчики.

Для покращення масообміну між стічною водою та іммобілізованими на поверхні носіїв мікроорганізмами, а також для зрошення поверхні носіїв, розташованих у газовій фазі споруди, влаштовано циркуляційний насос з рециркуляційним трубопроводом, по якому подається вода з цієї ж споруди і через перфорований трубопровід зрошується поверхня носіїв (можливе встановлення пропелерних мішалок).

Далі стічна вода самоплинно поступає з анаеробного біореактора II ступеня, що також устаткований носіями з іммобілізованими мікроорганізмами. Ця споруда також обладнана циркуляційним насосом і трубопроводом з отворами для зрошування носіїв в газовій фазі. В цьому біореакторі за безкисневих умов бактерії-гетеротрофи розкладають продукти деструкції органічних речовин, які утворились на I ступені.

Після анаеробного біореактора II ступеня стічна вода надходить в аноксидні біореактори спочатку I ступеня, а потім II. які також устатковані носіями з іммобілізованими мікроорганізмами. Для створення аноксидних умов і для масообміну на дні споруд влаштовано аератори які забезпечують концентрацію розчиненого повітря до $0,2 \text{ мг/дм}^3$. В аноксидному біореакторі I ступеня відбувається розкладення низькомолекулярних органічних речовин, що утворились після анаеробного процесу. У другому аноксидному біореакторі відбувається окиснення органічних речовин, сполук азоту, які містяться в стічній воді на виході з аноксидного біореактора I ступеня.

Після аноксидного біореактора II ступеня стічна вода поступає в аеробний біореактор обладнаний носіями з іммобілізованими мікроорганізмами.

Для аеробних біореакторів приймається дрібнобульбашкова система аерації. Концентрація повітря в цих спорудах - не менше 2 мг/дм³. Під дією бактерій-гетеротрофів відбувається окиснення органічних речовин, а бактерій-автотрофів - окиснення сполук амонію, які залишились у воді після аноксидного біореактора II ступеня. В товщі біооброствань відбувається анамокс-процес.

Очищена стічна вода після споруд біологічного очищення поступає у вторинні відстійники, в яких видаляються частинки біооброствань і вільно- плаваючого мулу, що виносяться з аеробного біореактора [7].

Порівняння технічних характеристик очисних споруд за розробленою технологією анаеробно-аеробного очищення з використанням іммобілізованих мікроорганізмів і традиційною з аеротенках продовженої аерації на прикладі молокозаводу з витратою стічних вод 100 м³/добу показало, що витрата повітря в розробленій технології майже в 25 разів менша, ніж з традиційній, витрата осаду, що утворюється в процесі очищення стічних вод з 23 рази менша, а отже і необхідна площа мулових майданчиків в 7 разів менша за умови, що в базовому варіанті додатково використано мулоущільнювач.

В результаті впровадження технології багатоступеневого анаеробно- аеробного очищення стічних вод з використанням іммобілізованих мікроорганізмів одержано високу ефективність очищення стічних вод: від органічних забруднень за ХСК - на 94-97%, від азоту амонійного - на 95-97%, від завислих речовин - на 95-93%; економію електроенергії в 1,5-2 рази порівняно з старою технологією; малий приріст мулу (менше на 30%) внаслідок створення технологічних умов для реалізації біоконвеєра [8].

Дана технологія дозволяє затримати багатий і різноманітний біоценоз, який на 99% забезпечує біологічну дезінфекцію мулу і стоку.

1.3 Вибір технології в залежності від продуктивності очищаючих споруд

Складність біохімічного очищення стічних вод сирзаводів за допомогою аеротенків може полягати в тому, що вони містять метаболізуючу лактозу. Стоки води сирзаводів належать до концентрованих за органічними забрудненнями, тобто величина ХСК в даному випадку може бути понад 60000 мг О₂/л. Вирішенням цієї проблеми може бути застосування комплексного анаеробно-аеробної схеми очищення, що як відомо, може вилучити значну кількість забруднювачів. Використання для попереднього очищення стічних вод сирзаводів заводів методів фізико-хімічного очищення: реагентної флотації, електрокоагуляції-флотації, дозволяє ефективно видаляти зі стічних вод тонко дисперсні завислі речовини, емультовані жири, колоїдні частинки за сприяння присутніх у воді синтетичних поверхнево-активних речовин, проте супроводжується утворенням значних об'ємів осадів, що містять легкоокиснювану органічку зі сполуками металу (коагулянту), які необхідно знешкоджувати та утилізувати, а у випадку їх захоронення спричинює забруднення довкілля (грунтових вод, повітря тощо). При використанні для видалення жиру методу флотації можна досягти 90% видалення зі стічних вод частинок жиру. Затриманий жир можна використовувати в якості корму для худоби [9].

Таким чином, сьогодні найбільш перспективною технологією очищення концентрованих за органічними забруднювачами стічних вод, до яких відносяться стоки підприємств казеїнового виробництва є анаеробно-аеробна технологія.

Склад забруднень стічних вод Кам'янець-Подільської області згідно даних санепідслужби міста. Вміст важких металів мг/кг становить: по міді - 2,1; по цинку - 1,5; по свинцю - 4,7; по кадмію - 0,07; по ртуті - 0,021. Розмір міста становить - 42 км².

У стічних водах казеїнового виробництва міститься значна кількість завислих речовин. Переважну частину зависей (до 90%) складають органічні речовини білкового походження, що потрапляють у стічні води разом із миючими розчинами.

Концентрації завислих речовин коливаються в широких межах - від 120 до 1100 мг/дм³ [10].

Так, концентрації забруднень досягають, мг/дм³: органічних речовин за ХСК - 3500, БСКз – 3200, молочних жирів - до 100, азоту амонійного - до 50, фосфатів - до 72.

Органічний азот з стічних водах міститься у вигляді аміногруп білків. Амонійний азот потрапляє з компресорних цехів, нітрати - при промиванні ємностей азотною кислотою. Стічні води зазвичай містять 3,4- 3.8% азоту від величини ХСК.

Таблиця 2. Порівняльна характеристика основних показників

Найменування	Анаеробний біореактор	Аноксидний біореактор	Аеробний біореактор
ХСК на вході, мг/дм ³	1651	297	54
ХСК на виході, мг/дм ³	743	134	19
Концентрація завислих речовин на вході, мг/дм ³	938	50	42
на виході	50	42	14
Концентрація амонійного азоту на вході, мг/дм ³	14,16	24,72	5,52
на виході	24,72	5,52	1

Перед більш тонким очищенням стічні води пропускають через решітки, сита. Їх зазвичай встановлюють перед первинними відстійниками для видалення зі стоків великих домішок, що потім можуть закупорити труби і канали.

Окрім цього проводять процес відстоювання, який реалізують у пісковловлювачах і відстійниках.

Наступною спорудою для очищення стічних вод є пісковловлювач. Його робота заснована на використанні гравітаційних сил. Розраховуються вони так, щоб в них випадали пісок та інші мінеральні частинки, але не випадав легкий осад органічного походження. Пісковловлювачі використовуються для очищення від частинок більших за 0,25 мм. Розрахункова швидкість потоку стічних вод в даній споруді зазвичай складає 0,1-0,3 м/с. З пісковловлювачів подається піщана пульпа на піскові майданчики і далі на вивезення [12].

Оскільки стічні води характеризуються значною нерівномірністю за концентраціями та витратами забруднюючих речовин через надходження на очисні споруди виробничих стічних вод сирзаводу, то необхідно встановити усереднювачі з барботуванням води повітрям [6].

Далі, після пройдених етапів, стічні води подаються до первинних відстійників, де вони очищуються від завислих речовин. В даній технології використовуються радіальні відстійники, оскільки витрата стічних вод міста та підприємства більша ніж 20000 м³/добу. Сирий осад з первинного відстійника насосною станцією подається до аеробного стабілізатора.

Стічні води мають високе навантаження по БСК, а також велику кількість нітратів, тому найбільш ефективним буде використання анаеробно- аеробної технології очищення в анаеробному біореакторі та аеротенку – витиснювачі.

Процес починається з денітрифікації в анаеробному біореакторі. З первинних відстійників стічні води надходять на споруди біологічного очищення, спочатку в анаеробному біореакторі, де за відсутності кисню (концентрація розчиненого кисню 0,1-0,2 мг/дм³) відбувається деструкція органічних речовин за допомогою

мікроорганізмів. Для забезпечення проходження процесу денітрифікації необхідно забезпечити подачу рециркуляційної мулової суміші ($R = 2$) з кінцевої зони нітрифікації аеротенка-витиснювача та рециркуляційного активного мулу з вторинних відстійників [13]. Перемішування забезпечується пропелерними мішалками, установленими в біореакторі.

У цій фазі без аерації відбувається денітрифікація і деяке зворотне розчинення фосфору. Цим досягаються хороші властивості мулу [14]. Надлишковий активний мул (НАМ) відправляється на зневоднення до мулоущільнювача.

Після анаеробного біореактора стічна вода поступає в аеротенк-витиснювач. За розрахунками обираємо трьох коридорні аеротенки, в перших двох коридорах якого відбувається окиснення органічних речовин, а в іншому - нітрифікація і видалення сполук фосфору. Подача повітря здійснюється через дрібно-бульбашкові аератори, влаштовані на дні споруди. Концентрація повітря в цій споруді близько 2 мг/дм^3 . Під дією бактерій-гетеротрофів відбувається окиснення органічних сполук, які залишились у воді після анаеробного біореактора. Процес окиснення киснем повітря амонійного азоту до нітритів і нітратів здійснюється нітрифікуючими мікроорганізмами. На першій стадії процесу нітрифікації амоній окислюється до нітритів, на другій стадії нітрити окислюються бактеріями-нітрифікаторами до нітратів.

Очищена стічна вода після споруд біологічного очищення надходить у вторинні відстійники, в яких відбувається відокремлення активного мулу від очищеної води. За результатами розрахунків приймається 3 радіальні вторинні відстійники.

Після вторинних відстійників вода надходить в резервуар для біологічно очищеної води і надалі її піддають фізико-хімічній обробці для доочищення від сполук фосфору. Для цього у стічну воду в реакторі-змішувачі додають коагулянт - сірчаноокислий алюміній у кількості 30 мг/дм^3 за активною речовиною, що подається з ємності для розчину коагулянту. Далі СВ доочищають на фільтрах.

Доречним є використання каркасно-засипних фільтрів. Забруднена промивна вода з фільтрів поступає в лоток перед решітками.

Для знезараження стічних вод рекомендується застосовувати гіпоклорит натрію, який готується в електролізній установці при використанні NaCl. і подається в лоток Паршалья. Знезараження стічної води здійснюється в контактних резервуарах, після чого її можна скидати у природну водойму [15].

З вторинних відстійників затриманий рециркуляційний активний мул насосами перекачується в анаеробний біореактор, а надлишковий - в мулоущільнювач, У цій споруді відбувається ущільнення мулу до вологості 98%, а мулова вода подається «в голову» очисних споруд.

Далі ущільнений НАМ надходить до аеробного стабілізатора, влаштованого на базі аеротенка-витиснювача з середньо-бульбашковими аераторами. В аеробний стабілізатор також перекачується сирий осад з первинних відстійників. Тривалість стабілізації становить 21 годину. Стабілізований осад направляється до камери дегельмінтизації, де проводиться його хімічне знезараження при використанні його нагріву за допомогою теплообмінника. Тривалість 20 хв., температура – 70°C.

Осад далі подається до змішувача з коагулянтном, щоб покращити відділення мулу від води. Далі осад подається до фільтр - пресу для видалення вологи, а фільтрат відправляється на початок очисних споруд. Отриманий осад 70% вологості вивозиться. На випадок аварії використовують аварійні мулові майданчики. Дренажна вода з мулового майданчика перекачується до приймального резервуара, що знаходиться в голові очисних споруд.

Так як на Україні більш розповсюдженими заходами очистки стічних вод від забруднюючих речовин є біологічне очищення, тому метою впровадження цієї технології є забезпечення високої якості очищених стічних вод у відповідності з діючими санітарними нормами скиду забруднюючих речовин. Дана технологія дозволяє збільшити навантаження на існуючі очисні споруди, зменшення

енерговитрат, заощадити кошти на обробку утворених осадів та найголовніше - попередити забруднення водойм біогенними елементами та важкими металами.

1.4 Характеристика біологічного агента

Активний мул - біомаса мікроорганізмів (в основному бактерії, аероби і анаероби), які містять різні групи ферментів (протеази, ліпази, амілази, целюлази, пектинази та інші), що є необхідними для розщеплення органічних забруднень [15]. Активний мул являє собою темно-коричневі пластівці, розміром декілька сотень мікрометрів (3-150 мкм). На 70% він склалася з живих організмів і на 30% - із твердих неорганічних частинок. Живі організми з твердим носієм утворюють симбіоз популяцій мікроорганізмів – зооглей, вкритий зальною слизистою оболонкою. Зооглей формується за рахунок адгезії клітин на поверхні носія [16]. Властивість активного мулу утворювати пластівці дозволяє відділяти його від стічної води у вторинному відстійнику.

ОВ аеротенках суміш активного мулу і стічної води повільно рухається. Для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів в аеротенк повинен постійно надходити кисень. Тому для кращого очищення суміш безупинно переміщується за допомогою стиснутого повітря з повітродувки. Біоценоз мікроорганізмів активного мулу, здатен сорбувати й окисляти на своїй поверхні в присутності кисню органічні речовини стічної води.

У біоценозі активного мулу мають бути присутні розвинуті коловертки, сувійка *Opercularia*, та сувійки *Vorticella convallaria*. Присутність нитчастих форм коловерток, дрібних амеб вказує на погіршення якості мулу.

Якість мулу визначається багатьма факторами. За рівних умов вона залежить від співвідношення між масою активного мулу (по сухій речовині) і масою забруднених речовин що знаходяться у воді, що очищається. Це співвідношення характеризує навантаження на мул.

Дане співвідношення виражається кількістю витягнутих забруднень зі стічних вод по БСК₅, що приходить на 1 грам беззольної речовини активного мулу.

Загалом, 1 грам мулу зберігає свою нормальну активність при навантаженні 200-400 мг кисню. При більших навантаженнях активний мул регенерується, так як робота аеротенки іде не на повне очищення.

Ще одним показником якості активного мулу є – здатність його до осідання або величиною мулового індексу. Ця здатність виражається об'ємом активного в мілілітрах після його 30-хвилинного відстоювання, 100 мілілітрів мулової суміші, що припадає на 1 грам сухої речовини мулу.

Щоб забезпечити мікроорганізми достатньою кількістю кисню і для підтримки мулу в зваженому стані, суміш стічної рідини з активним мулом повинна аеруватися по всій довжині аеротенку. Кисень з повітрям нагнітається в аеротенк повітродувками або засмоктується з атмосфери при сильному перемішуванні суміші в аеротенку.

Азотовмісні сполуки в анаеробних умовах розкладаються бактеріями роду *Clostridium*, на першій стадії (ферментативному гідролізі) за допомогою протеолітичних ферментів (пептидаз, протеаз) з утворенням аміаку. Амонійний азот використовується мікроорганізмами для побудови компонентів клітини, на аеробній стадії окислюються до нітритів автотрофними бактеріями родів: *Nitromonas*, *Nitrospira*, *Nitrococcus*, які починають розвиватись тільки після окиснення аміаку.

Коефіцієнт використання енергії у *Nitrosomonas* складає всього 5-10%, для відновлення однієї молекули CO_2 ці бактерії повинні окиснити 35 молекул аміаку, а кількість окиснених бактеріями *Nitrobacter* молекул NO_2 - повинна бути ще більшою. Отже у цих бактерій енергетичний обмін переважає над конструктивним. Клітини бактерій розмножуються повільно, час генерації нітрифікаторів - 8-20 год., а в системах біологічного очищення 1-3 доби. Швидкість росту бактерій нітрифікаторів менше, ніж гетеротрофних бактерій, тому в очисних спорудах для видалення сполук азоту очищення лімітується процесом нітрифікації. Для

підвищення ефективності амонійного азоту необхідний мул порівняно більшого віку.

Процес денітрифікації здійснюють факультативні анаероби: *Pseudomonas* , *Bacillus*, *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Paracoccus* та ін., при нестачі кисню відновлюючи нітрати. У процесі денітрифікації використовують органічні речовини: вуглеводи, спирти, органічні кислоти. Незважаючи на те, що відновлення нітриту супроводжується більшою зміною вільної енергії, ніж відновлення нітрату, деякі види бактерій на першій стадії використовують нітрат.

Важливим в технології нітри-денітрифікації є виявлення віку активного мулу, оскільки ця технологія не працює при низькому віці мулу, необхідно виявити його значення при якому застосування даної технології дасть найкращий результат.

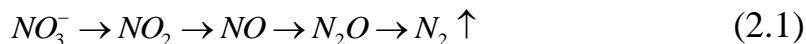
2. БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Біологічний метод очищення стічних вод від сполук азоту ґрунтується на процесах нітри-денітрифікації, в основі яких є окислювання нітрифікуючими бактеріями амонійного азоту до нітратів і подальшого їх відновлення денітрифікуючими бактеріями до газоподібного азоту.

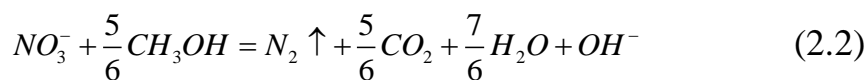
2.1 Процес денітрифікації

Денітрифікація - мікробіологічний процес відновлення окиснених сполук азоту (NO_2^- , NO_3^-) до газоподібних азотистих речовин – кінець-кінцем до вільного азоту (N_2). Ці процеси відбуваються внаслідок життєдіяльності бактерій родів: *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Paracoccus*, *Thiobacillus* та деяких інших факультативних мікроорганізмів, які при відсутності кисню використовують нітрити (NO_2^-) та нітрати (NO_3^-) як кінцеві акцептори електронів (анаеробне дихання). Цей процес каталізується ферментами редуктазами.

Загальна схема денітрифікації має вигляд:



Процес денітрифікації, під час якого мікроорганізми окислюють органічну речовину, використовуючи зв'язаний кисень, що входять до складу нітратів, можна записати наступним чином:



При цьому, рН води знижений при нейтралізації, знову підвищується. Повна денітрифікація відбувається при рН=7,0.

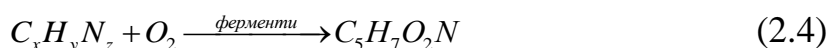
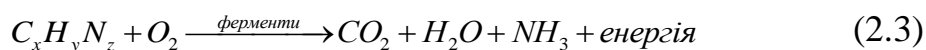
Процес денітрифікації потребує присутності органіки, але проходить за дефіциту кисню, так як використання вільного кисню як акцептора електронів дає більший вихід енергії, ніж при використанні кисню зв'язаного.

Виділення кисню в процесі денітрифікації відбувається: при відновленні нітратів у нітрити – 1,71 г, нітритів у азот – 2,85 г кисню в розрахунку на 1 г азоту.

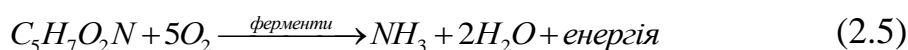
2.2 Біологічні процеси в аеротенку

При біологічному очищенні стічних вод в аеротенку протікають 2 процеси – сорбція забруднень активним мулом та їх внутрішньоклітинне окиснення. Швидкість сорбції значно перевищує швидкість біоокиснення, тому після завершення процесу сорбції та досягнення необхідного ефекту очищення за БСК, відділений у відстійнику мул направляють в регенератор з метою біоокиснення залишкових забруднень стічної води, підвищення концентрації мулу в аеротенку і відновлення здатності мулу окиснювати органічні забруднення.

Якщо представити суму органічних забруднень стічних вод через $C_xH_yN_z$, то сам процес можна виразити у вигляді таких реакцій:



У випадку, коли органічна речовина стічних вод вже використана, у процесі ендогенної респірації починається самоокиснення клітин активного мулу вираженого як $C_5H_7O_2N$:

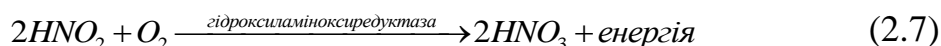


Отримана енергія в ході хімічних реакцій, лише частково використовується для синтезу нової біомаси та підтримання життєдіяльності клітин, решта розсіюється у вигляді тепла в навколишньому середовищі.

Одночасно з переносом речовин через цитоплазматичну мембрану починаються їх метаболічні перетворення всередині клітини. Процеси окиснення речовин у клітині йдуть значно повільніше, на них витрачається зазвичай декілька годин, в цей час суміш стічної води та активного мулу безперервно аерують. Масопередача забруднень із стічних вод до поверхні мікробних клітин, їх сорбція та перенос через цитоплазматичну мембрану клітини у сукупності складають процес вилучення забруднень із стічних вод [17].

Так як за розрахунками приймається чотирьох коридорний аеротенк, в двох коридорах відбувається процес окиснення органічних сполук, а в інших двох – процес нітрифікації.

На попередньому етапі створюються сприятливі умови для розвитку автотрофних нітрифікуючих бактерій, які окиснюють амонійний азот. Рівняння реакції набувають такого вигляду:



Перша стадія окиснення амонійного азоту відбувається нітрифікуючими бактеріями роду: *Nitrosomonas*, *Nitrospira*, *Nitrosococcus* та ін. Аміакмонооксигеназа – фермент з низькою субстратною специфічністю. Цей фермент може також окиснювати метан, фенол, оксиди вуглецю, бензиловий спирт, але швидкість окиснення при цьому буде значно меншою.

Друга стадія відбувається за рахунок бактерій родів: *Nitromonas*, *Nitrospira*, *Nitrococcus*, *Nitrospina* під дією ферменту гідроксиламіноксиредуктазою. Швидкість росту цих бактерій є дещо вищою ніж у бактерій першого етапу, також вони є менш чутливими до впливу токсичних речовин. Так як ці бактерії є чутливими до зміни значень рН в кислому середовищі вони не розвиваються, тому що недисоційована молекула азотної кислоти для них отруйна. В лужному середовищі на ці бактерії згубно впливають іони амонію. Тому оптимальними межами рН для даного етапу нітрифікації є 7,0-7,6.

Для підтримання в мулі достатньої кількості нітрифікаторів необхідно використовувати старий активний мул (4-5 діб).

2.3 Характеристика кінцевого продукту

Кінцевим продуктом технології очищення стічних вод міста Кам'янець-Подільський та сирзаводу є очищена стічна вода до норм якості води водойм і

водотоків для умов господарсько-питного призначення, які визначені, згідно «Правилам охорони поверхневих вод» (затверджені Держкомприроди СРСР від 21.02.1991 р.)

Характеристика очищеної стічної води каналізаційного господарства при скиді в річку повинна відповідати вимогам СанПіН №4630-88.

Згідно цього документу є недопустимим скидання стічних вод каналізаційного підприємства з підвищеними концентраціями фонового рівня завислих речовин більш ніж на $0,25 \text{ мг/дм}^3$ для водойми господарсько-питного користування; запахи та присмаки повинні мати інтенсивність не вище 2 балів; вода не повинна мати забарвлення в стовпчику 20 см, водневий показник рН має не виходити за межі 6,5-8,5; вміст хлоридів не більше 350 мг/дм^3 , сульфатів не більше 500 мг/дм^3 ; розчинений кисень має становити не менше 4 мг/дм^3 ; БСК_{повн} повинно бути не більше $3,0 (\text{мг O}_2)/\text{дм}^3$; колі-індекс не вище 1000 при вмісті залишкового хлору $1,5 \text{ мг/дм}^3$ [17].

Розрахункові концентрації стічних вод, які ідуть на очищення прийнято згідно «Правил приймання стічних вод в каналізаційну мережу м. Кам'янець-Подільський» та «Нормативів гранично допустимого скидання речовин у водні об'єкти із зворотними водами»

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

3.1 Сировина та матеріали

При очищенні стічних вод міста та сирзаводу використовується основна сировина та утворюються напівпродукти. До основної сировини відносять забруднену стічну воду міста та стічні води сирзаводу, а також газоподібний хлор, сірчаноокислий алюміній і негашене вапно, що використовуються для знезараження води та осаду.

Напівпродукти, що утворились винесені в таблиці 3.1 До напівпродуктів, які утворюються в результаті очищення стічних вод, а саме після первинного та вторинного відстоювання, відносять надлишковий активний мул та сирий осад. Після оброблення, зневоднення та висушування їх вологість складає 70-85 %.

Об'єм, в якому подається забруднена стічна вода міста та сирзаводу складає 35000 м³/добу за завданням. Для даних стічних вод значення показника БСК повн становить 250 мг/дм³. Вони містять завислі речовини концентрація яких складає 217 мг/дм³. До їх складу входять також невеликі концентрації таких забрудників: сполуки азоту, фосфору, хлориди, нітрати та нітроти.

При знезаражуванні промислових вод як реагент використовують хлорну воду, яка є легшою за повітря, не горючою, і для її приготування необхідний газоподібний хлор, що міститься в балонах і зберігається за температури 11°C, що попередньо переводиться з рідкого в газоподібний стан [17].

В таблиці 3.1 винесена характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів, а саме - характеристика стічної води, що поступає на очищення на очисні споруди.

Таблиця 3.1 Характеристика сировини, матеріалів та напівпродуктів

Найменування	Категорія і номер НТД, згідно якого перевіряється сировина	Показники, обов'язкові для перевірки та їх нормативне значення
--------------	--	--

1. Основна сировина:		
1.1 Забруднена стічна вода міста Кам'янець-Подільський та сирзаводу	ДБН В.2.5-75:2013	$BCK_{\text{повн}} = 1070 \text{ мг/дм}^3$ $BCK_5 = 935 \text{ мг/дм}^3$ $XCK = 1920 \text{ мг/дм}^3$ $C_{\text{зр}} = 361 \text{ мг/дм}^3$ $C_{\text{PO}_4^{3-}} = 24 \text{ мг/дм}^3$ $C_{\text{Намон}} = 28 \text{ мг/дм}^3$ $C_{\text{NO}_2^-} = 0,11 \text{ мг/дм}^3$ $C_{\text{NO}_3^-} = 1,3 \text{ мг/дм}^3$ $C_{\text{NH}_4^+} = 28 \text{ мг/дм}^3$
1.2 Газоподібний хлор	ГОСТ 28149-89	
1.3 Сірчаноокислий алюміній	ГОСТ 3958-75	
1.4 Негашене вапно	ГОСТ 1692-85	
2. Напівпродукти:		
2.1 Осад	СанПІН 2.1.7.573-96	$W_{\text{ос}} = 80\%$ Яйця гельмінтів – 0 Патогенні ентеробактерії клітин - 0

3.2 Опис технологічної схеми очищення стічних вод міста та сирзаводу

У даній технології очищуються суміш стічних вод міста Кам'янець-Подільський та сирзаводу об'ємом 35000 м³/доб.

ДР І. Підготовка аераційного повітря

При подачі повітря в аеротенки необхідно забезпечити подолання опору фільтросних пластин та повітропроводів, видалення завислих частинок у повітрі, регулювання температури та вологості [15].

ДР 1.1 Забір повітря

Підготовка повітря розпочинається із забору атмосферного повітря. Процес проводять за допомогою повітрозабірників, які розташовують на висоті 4 м від поверхні землі при мінімальній температурі $t_{\min} -20^{\circ} \text{C}$ і максимальній температурі $t_{\max} - 40^{\circ} \text{C}$. Вони представляють собою розтруб із запобіжною сіткою або жалюзями на вході. Повітря далі надходить за допомогою повітропроводу до фільтра.

ДР 1.2 Фільтрування повітря

Повітря очищається крізь металічний фільтр Ф-2 типу КдМ 1006 з пропускною здатністю $10000 \text{ м}^3/\text{год}$ та площею його поверхні 1 м^2 . Він затримує пил, механічні часточки. Повітря проходить через два фільтрувальних полотна, які виготовлені з металевої сітки. Ефективність очищення складає не менше 80%. На даному етапі контролюють вміст механічних частинок у повітрі, яких повинно бути не більше $10 \text{ мг}/\text{м}^3$. Контроль тиску здійснюється з допомогою манометрів (КП - 21 , КП - 22) [15].

ДР 1.3 Компресування повітря

Для компресування повітря застосовують повітродувки В-3 типу ТВ-175-1,6 з продуктивністю $190 \text{ м}^3/\text{год}$. Тиск нагнітання становить $0,163 \text{ МПа}$. Контролюється тиск до $0,163 \text{ МПа}$. На даній стадії кожен годину здійснюється технологічний контроль тиску за допомогою технічного манометру (КП - 3.1) [18].

ДР 2. Приготування водного розчину хлору (водної води)

Для обробки побутових стічних вод використовують хлорну воду, яку готують у реакторі Р-7 за такою методикою. Хлор поставляється на очисні станції в баллонах чи контейнерах, у яких він знаходиться під надлишковим тиском переважно у рідкому стані. Внаслідок малої розчинності рідкого хлору у воді, його спочатку переводять у газоподібний стан після чого проводять розчинення. Хлор - газ із балонів чи бочок надходить у проміжний балон Б - 4 , в якому осаджуються краплини рідини , пил тощо . Через запірний вентиль він далі проходить через фільтр Ф-5, де повністю очищається від неосілого пилу. Контроль тиску

проводиться за допомогою манометрів (КП - 5.1 , КП - 5.2). Очищений хлор проходить через редукційний клапан (пристрій для підтримання постійного тиску 0,01-0,02 МПа) перед вимірювачем витрати. Відповідно до ДБН розрахункова доза активного хлору для біологічного очищення стічних вод становить 85 г/м^3 . На даній стадії здійснюється технологічний контроль концентрації розчиненого газу-хлору у водному розчині. На даній стадії здійснюється технологічний контроль з допомогою концентратоміра КП - 8.1 Далі хлор та вода проходять через дозатори Д-6 , Д-8 та подається до реактора Р - 7 . Приготована хлорна вода відкачується насосом Н - 9 на стадію знезаражування очищеної стічної води ТП 11. Місткість реактора Р-7 5 м, діаметр отворів газорозподільних труб становить 3 мм .

ДР 3. Підготовка розчину коагулянту

Для обробки надлишкового активного мулу та осадів стічних вод застосовують сірчаноокислий алюміній $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (ТУ 2141-001-58318296- 2002) [22] .

На даній стадії проводять розведення даного коагулянту у реакторі Р-12, подаючи через дозатор Д-10 сірчаноокислий алюміній , а через дозатор Д-11 воду . Проводиться технологічний контроль - концентрація розведеного коагулянту у воді має становити 100 г/дм^3 (КП-12.1). Приготований розчин коагулянту відкачується насосом Н-13 до ТП 8 і до ПВ 13.4

ТП 4. Механічне очищення стічних вод

ТП 4.1 Очищення на решітках-дробарках

Застосування решіток-дробарок дозволяє затримувати та подрібнювати сміття безпосередньо в потоці стічних вод. Використання таких решіток дозволяє повністю автоматизувати механічне очищення стічних вод.

Очисні решітки-дробарки Р-14 призначені для вилучення із стічних вод крупного сміття: часток паперу, кісток, ганчірок, гілля, каміння, залишків овочів і фруктів, пластмасової тари тощо [19].

Дрібне сміття разом зі стічною водою через щілинні отвори проходять всередину барабана і далі через дюкер виходять з решітки-дробарки. Великі фракції сміття затримуються в щілинних отворах барабана, які складають немовби циліндричну решітку. Затримані на решітці відходи переміщуються при обертанні барабана до тріпальних гребенів, закріплених на нерухомому корпусі. При взаємодії ріжучих пластин і різців, закріплених на барабані, з відповідними ріжучими кромками тріпальних гребенів відходи подрібнюються. При цьому подрібнення сміття під час контакту різців з тріпальними гребенями відбувається за принципом гільйотинних ножиців, а під час контакту ріжучих пластин з тріпальними гребенями - за принципом паралельних ножиців.

Виготовляються решітки з металевих стержнів . На даному етапі використовують механічну решітку-дробарку типу РД - 400. Швидкість потоку рідини у апараті становить до 1,0 м/с . Площа прозорів решіток РД - 400 становить 0,119 м². Кількість решіток - 3 шт., 2 - робочих, 1 - резервний [20].

Передбачається встановлення двох агрегатів, один з яких постійно діючий, інший – резервний. На виході стічна вода відводиться разом із подрібненими забрудненням.

На даному етапі здійснюється технічний контроль [11,12].

ТП 4.2 Очищення на пісковловлювачах

Метою даного етапу є видалення крупних механічних домішок розміром від 0,15 мм до 0,25 мм, так як в подальших спорудах, біологічного очищення, вони можуть накопичуватись в значних кількостях знижуючи їх ефективність роботи.

В основу методу видалення таких завислих часток покладено гравітаційне осадження.

На даному технологічному етапі відбувається видалення піску та інших мінеральних домішок зі стічних вод. Застосовуються горизонтальні пісковловлювачі П-15 типу ТП 902-2-331. Рідина проходить через видвідний канал

і вводиться знизу споруди. Вода рухається зі швидкістю 0,3 м/с оптимальною для видалення крупних домішок, і далі виводиться через відвідний канал. Ефективність видалення складає 65-75%. Пісковловлювач має конічне дно, в якому збирається осад, що періодично вивантажується самоплинно зливом у днищі споруди. Піскову пульпу вивантажують та подають на піскові майданчики ПМ-50 за допомогою гідроелеватора [13].

На даному етапі проводять технічний контроль концентрації піску та мінеральних домішок в стічній воді на виході з пісковловлювача, що повинна складати 0,8 мг/дм³, а також контроль видалення крупних домішок на решітках КП 14.1.

ТП4.3. Усереднення стічних вод

На У-16 подається стічна вода після очищення на пісковловлювачах. Метою є одержання стабілізованого за кількістю та складом потоку стічних вод для забезпечення сталої і надійної роботи очисних споруд [19]. Процес полягає у гомогенізації-створенні стійкої в часі однорідної структури в двох чи багатозфазній системі шляхом ліквідації концентраційних мікронеоднорідних місць, що утворюються при змішуванні взаємно-нерозчинних речовин. Усереднення стічних вод здійснюється трьома способами: механічним перемішуванням, пневматичним перемішуванням та змішуванням потоків рідини, що рухаються назустріч один одному [20]. Оскільки на даному підприємстві утворюються стічні води з концентрацією завислих речовин < 500 мг/л та із залповим характером нестаціонарності потоку, тому обираємо для усереднення стічних вод від міста і сирзаводу приймається 2 усереднювачі з барботуванням води повітрям [13].

ТП 4.4. Первинне відстоювання

Стічні води після решіток і пісковловлювачів подають на первинні вертикальні відстійники В-17. Відстоювання застосовується з метою виділення зі стічної води крупно-дисперсних домішок, які під дією гравітаційної сили осідають на дно відстійника. Відстоювання необхідно для попередньої обробки стічних вод

перед спорудами біологічного очищення.

Найпростішим, найменш трудомістким та дешевим способом є гравітаційне відстоювання.

Стічні води подають до первинних радіальних відстійників типу ТП 902-2-363.83. Це залізобетонна споруда діаметром 40 м, глибиною 3,4 м. Вода подається знизу через розподільчий пристрій в середині споруди. Діаметр розподільчого пристрою 1,6 м. У воді, що проходить відстань від центру споруди до переливних лотків, осаджуються завислі речовини на дно споруди. Осад збирається мулоскребом до зони осаду, звідки самопливно видаляється. Висота зони осаду 0,3 м; об'єм зони осаду 210 м³. Освітлена вода переливається через водозлив, після чого відводиться по кільцевому каналу у відвідну кишеню, а далі направляється на ТП 5.

Здійснюється технологічний контроль по концентрації завислих речовин на вході ($C_{\text{зав}}=325$ мг/дм³) та на виході ($C_{\text{зав}}=116,2$ мг/дм³). Ефективність видалення складає 59%. Також здійснюється контроль каламутності води. [18]

ТП 5. Денітрифікація в анаеробному реакторі

Стічна вода з первинного радіального відстійника В-16 подається в анаеробний реактор Р-19. Анаеробний біореактор являє собою циліндричну споруду, без мішалки. У кільцевому просторі між центральним проточним каналом і стінкою реактора встановлені носії для іммобілізації мікроорганізмів іммобілізовані носії Вія, закріплені на прямокутному каркасі. Вісім прямокутних каркасів шириною 3,4 м, прикріплені металевими спаями до центральної труби та до внутрішніх стінок реактора. Між суміжними носіями є шляхи протікання. Нижня частина реактора під носіями виконана у вигляді простору, призначеного для приймання стічних вод з плаваючими в них мікроорганізмами. При роботі реактора передбачені як вільно плаваючі, так і іммобілізовані на носіях мікроорганізми. Очищені стічні води течуть по центру вниз уздовж носіїв знову вгору, причому потік створюється частково за рахунок утворення газу мікроорганізмами [28]. В центральну трубу реактора Р-19 самопливом подається

стічна вода, також з допомогою насосу Н-23 з зони нітрифікації аеротенка поз. А-22 (від ТП 6) подається мулова вода та від ТП 7 з вторинного відстійника В-24 з допомогою насосу Н-25 подається рециркуляційний активний мул (РАМ). нижній частині реактора Р-19, також Суміш -перемішується В перемішування досягається завдяки наявності системи трубопроводів для рециркуляції, що з нижньої частини насосом Н-20 перекачують стічну воду знову в центральну трубу. Газ, що утворився, з верхньої частини реактору відділяється до газгольдеру. Тривалість денітрифікації приймається 40 хв. (0,67 год.), коефіцієнт рециркуляції активного мулу- 1,0, коефіцієнт рециркуляції мулової суміші — 1,5.

Реактор Р-19 знаходиться під тиском, проводиться контроль тиску на пункті КП-19.2. В денітрифікаторі проводиться технологічний контроль на КП-19.1, перевіряється концентрація БСК_{повн} - на виході зі споруди має становити 856 мг/дм³, ступінь видалення органічних забруднюючих речовин за БСК_{повн} Має становити 0,2.

ТП 6. Окиснення органічних сполук і нітрифікація в аеротенку

Після денітрифікації вода подається на очищення в аеротенк-витиснювач типу 902-2-178. Аеротенк А-22 являє собою резервуар, в якому насичується повітрям і перемішується суміш. стічної води, що очищується, та активного мулу. При очищенні промислових стічних води, дотримуючись норм СНіП П-32-74 (п.7.2) [20], встановлюються контрольні точки для температури ($T=18-20^{\circ}\text{C}$), концентрації сольового розчину та шкідливих речовин [24]. Муловий індекс, за розрахунками, становить 85 дм³/г, доза активного мулу - 5 г/ дм³. Для підтримування мулової суміші у завислому стані та забезпечення киснем процесу окиснення органічної частини забруднень до аеротенку подається повітря, підготовлене на стадії ДР 1 [29]. Подача повітря здійснюється нагнітачами, що розташовані у повітрорудній станції. Повітря у фільтросні канали подається по системі трубопроводів, що вкладені на перехідних майданчиках аеротенків, в кожний канал надходить в двох точках по довжині каналу по трубі. На цій стадії двічі на добу контролюються

інтенсивність аерації, рН-стічної води, температура (17°C) за допомогою пробовідбірників.

Приймається двохсекційний аеротенк-витиснювач, кожна секція якого містить по три коридори. В кожній секції один коридор виступає в якості регенератора, а інші два – власне аеротенка. Дана споруда є прямокутної форми з наступними параметрами: довжина коридору – 40,6 метрів, робоча глибина – 4,4 метра, ширина – 4,5 метра.

До першої секції аеротенку за допомогою насосу Н-39 подається мулова вода від ПВ 13.1 від мулоущільнювача МУ-38 для повторного окиснення. Тривалість окиснення органічних забруднюючих речовин становить 10 год. Мулова суміш з четвертої секції зони нітрифікації насосом Н-23 подається до ТП 5 на денітрифікацію.

В аеротенку А-22 присутній технологічний контроль на пункті КП-22.1, за яким вимірюється концентрація БСК_{повн.} [13].

ТП 7. Вторинне відстоювання

З аеротенка А-22 вода самопливно подається до вторинного відстійника типу ТП 902-2-88/75 поз. В-24, де осаджуються пластівці активного мулу, частина яких повертається аеротенк у вигляді рециркуляційного мулу, а частина направляється на зброджування у вигляді надлишкового активного мулу. Діаметр відстійника 40 м, гідравлічна глибина 3,7 м. Освітлена вода подається в центральну трубу і спускається по ній вниз. При виході із нижньої частини труби вода змінює рух і повільно поступає вгору до зливного жолоба, а далі направляється на ТП 8 [8].

На кожен відстійник встановлено окремий циркуляційний насос Н-25, що направляє РАМ до ТП 5, а також насос Н-26, що відкачує надлишковий активний мул (НАМ) до ПВ 13.1 - мулоущільнювача МУ-38.

На даному етапі проводять технологічний контроль K_T - контроль вологості надлишкового активного мулу, значення якої повинно бути в межах 99,2-99,7%.

ТП 8. Змішування стічної води з коагулянтном

Освітлена вода від вторинного відстійника В-24 направляється реактору-змішувача Р-28, де відбувається змішування очищеної стічної води з коагулянт. Освітлену воду піддають фізико-хімічній обробці для доочищення від сполук фосфору. Для цього у стічну воду в реактор Р-28 дозатором Д-27 додають коагулянт - сірчаноокислий алюміній дозою 30 мг/дм^3 за активною речовиною, що готується на ДР-3, звідки відкачується насосом Н-13.

На даному етапі відбувається технологічний та хімічний контроль на КП-28.1, вимірюється концентрація сірчаноокислого алюмінію.

При дозі сірчаноокислого алюмінію 30 мг/дм^3 за активною речовиною його витрата буде становити: середньогодинна - $12,5 \text{ кг/год}$, середньодобова - 300 кг/добу [13].

ТП 9. Доочищення на каркасно-засипних фільтрах. Після відстоювання стічну воду потрібно доочищати на фільтрах Ф-32. Для доочищення рекомендуються каркасно-засипні фільтри. Внизу каркасу фільтра розташовані підтримуючі гравійні шари. Далі розташована водорозподільча система для води, промивна технічна вода подається насосом Н-33. Тривалість промивки фільтрів становить 3 хв. Повітря подається від повітрорудки В-3 в наступну зону. Далі розташована зона для піщаної засипки 1 гравійний каркас. В верхній частині фільтрів розташована трубчата система для подачі вихідної та відведення промивної води, та трубопроводи для відведення освітленої стічної води до ТП 10. Фільтрат насосом Н-34 від Фільтрів Ф-32 подається у голову очисних споруд до ТП4.1 [21].

На даному етапі відбувається технологічний контроль витрати технічної промивної води та повітря на КП-32.1.

ТП 11. Знезаражування очищеної води

Після фільтрації стічні води потрапляють на знезаражування до реактору лотку Паршала Л-36, з метою знищення патогенних бактерій, що залишилися в очищених стічних водах, і зменшення таким чином небезпеки зараження води водойм. Через трубопровід дозатором Д-35 подається хлорна вода. В результаті у даній споруді внаслідок звуження перетину і різкої зміни похилу дна у відвідному

розтрубі виникає гідравлічний стрибок, у якому відбувається інтенсивне перемішування стічних вод хлорною водою. У даному випадку знезаражування стічних вод відбувається за використання методу хлорування водним розчином газоподібного хлору.

На даному технологічному процесі проводиться контроль дозування хлорної води концентратоміром КП-36.1, концентрація якої повинна становити 3 мг/дм³ [17].

Оцінку ефективності знезараження стічних вод проводять по величині колі-титру - найменшого об'єму в мілі літрах стічної води, в якій міститься одна кишечна паличка. Колі-титр має бути рівним 300 при повному знезараженні. Контакт хлору з водою, що очищується, має тривати 30 хвилин [22].

Далі стічна вода із знезаражуючим реагентом через відвідний лоток надходить до контактного резервуару КР-27.

ТП 11. Перебування стічної води у контактному резервуарі

На даному етапі очищена стічна вода надходить до контактного резервуару КР-27 (тип ТП 902-3-21), де звільняється від хлору і насичується киснем-відбувається окиснення залишкових забруднень стічних вод хлором, що призводить до випадання в них осаду. Стічні води перебувають у даній споруді протягом 30 хвилин. У цей час входять також тривалість протоку стічних вод після змішувача в каналах до контактного резервуара і після них, до випуску у водойму [17]. При цьому контролюються усі показники за нормами спуску вод у природні водойми пробовідбірниками.

ПВ 12. Обробка надлишкового активного мулу та осаду

ПВ 12.1 Ущільнення осаду

Для відділення води від осаду передбачена стадія ущільнення. Для цього використовують мулоущільнювач МУ-38. Він являє собою залізобетонний резервуар діаметром 24 м, у середині якого прокладено центр, на якому кріпляться мулоскреб. Мулоскреб служить для перемішування осаду, знижуючи тим самим його в'язкість, що сприяє кращому утворенню пластівців і осадженню. Насосом Н-26 до споруди подається НАМ від ТП 7 — вторинного відстійника В-24. Осад

надходить в центр і рівномірно розподіляється по всьому мулоушільнювачу. Осад під своєю вагою осідає на дно і скребком згрібається до приямку, а мулова вода відкачується насосом Н-39 до ТП 6. З приямку він самотоком надходить в кишеню, що обладнана шиббером, а звідти — до резервуару, який служить для накопичення та відкачування мулу. Після ущільнення осад має вологість 94- 96,7 %. Через трубопроводи подається на аеробну стабілізацію ПВ 12.2 [23]. Процес проходить протягом 12 годин. В споруді проводиться технологічний контроль та контроль тиску на КП-38.1 та КП-38.2.

ПВ 12.2 Аеробна стабілізація

Сирий осад, що утворився при відстоюванні стічної води у первинному відстійнику В-17 на ТП 4.4 подається до аеробного стабілізатора АС-40 типу ТП 902-3-058.87. В дану споруду з метою створення сприятливих аеробних умов для мікроорганізмів, що перебувають у активному мулі, подають повітря, яке було підготовлене на стадії ДР 1.3. Процес стабілізації триває 10 діб. Контролюється вологість стабілізованого осаду. [17]. Аеробний стабілізатор-споруда типу аеротенку, в якій відбувається складний біохімічний процес, в результаті якого відбувається окиснення частина осаду, що основної частини органічних беззольних речовин осаду. залишається після стабілізації, не здатна до подальшого розпаду. Ефективність процесу залежить також від інтенсивності аерації, складу осаду, а також температури, за якої відбувається процес ($T=18-20^{\circ}\text{C}$) [22].

ПВ 12.3 Дегельмінтизація

Ущільнений мул з аеробного стабілізатора АС-40 надходить до камери дегельмінтизації К-42. В камеру дозатором Д-41 подається негашене вапно. У результаті відбувається хімічне знезараження осаду. Температура його 15-20 хвилин, після чого підвищується до 55-70 °С. Тривалість процесу – 15-20 хвилин, після чого проводять аналіз на кількість ентерококів (концентрація має становити не більше 10^3 кл/ дм^3) та контроль наявності яєць гельмінтів (мають бути відсутні). Технологічний контроль на дозування вапна здійснюється з допомогою концентратоміра (КП-42.1). Після процесу знезараження осаду слідує процес його коагуляції стадія ПВ 12.4.

ПВ 12.4 Коагуляція ущільненого осаду

Для зміни структури та покращення водовіддаючих властивостей осад обробляється розчином коагулянту в змішувачі З-45, що являється типовим реактором з мішалкою. Процес коагуляції являє собою злипання частинок колоїдної системи при їх зіткненні в процесі теплового руху (в даній споруді - цей рух забезпечує перемішування). В результаті коагуляції утворюються вторинні частинки - крупно дисперсні, та первинні - тонко дисперсні. Якщо при механічному очищенні видаляються частинки розміром більше 10 мкм, то дрібні частки можливо видалити з води саме з допомогою гетерокоагуляції — взаємодії колоїдних та тонкодисперсних частинок стічної води з агрегатами, що утворюються при введенні в воду коагулянтів (солей алюмінію, заліза та ін.)

Обробка мінеральним коагулянтом забезпечує агрегацію тонкодисперсних та колоїдних частинок осаду, супроводжується руйнуванням гідратних оболонок, а також зміною форм зв'язку вологи з частинками осаду [17]. В даній технології в якості коагулянта використовується сірчаноокислого алюмінію, приготований на стадії ДР 3.

Розчин коагулянту (концентрація сірчаноокислого алюмінію 30 мг/дм подають до змішувача дозатором Д-43, внаслідок чого рН осаду зменшується до 4 - 5, тобто до значення, що відповідає ізоелектричній точці білкових речовин. Для нейтралізації кислот, які утворюються в результаті гідролізу коагулянту, до даної споруди подають дозатором Д-44 негашене вапно (концентрація 5,6 %). Додавання даної речовини до змішувача підвищує жорсткість структури осаду, припиняє його гниття та розповсюдження запахів.

Технічний контроль здійснюється з допомогою концентратоміра (КП-45.1).

ПВ 12.5 Зневоднення на фільтр-пресах

Останньою стадією обробки осадів є його зневоднення на фільтр-пресах. Метою зневоднення є видалення вологи з осаду, для полегшення його подальшої утилізації. Зневоднити осад можливо шляхом сушіння і механічним шляхом. Видалення вологи з осадів механічним способом є найбільш економічним і

зниження їх вологості, маси та об'єму. Для механічного зневоднення осадів рекомендується використовувати центрифуги, стрічкові та камерні фільтр-преси [1]. Обрано фільтр-прес, оскільки забезпечує отримання кека з найнижчою вологістю, також мають меншу енергоємність у порівнянні з вакуум-фільтрами і центрифугами [24].

Здійснюється зневоднення на фільтр-пресі типу ФПАКМ (поз. ФП-46). Робочий тиск фільтрування 0,6-1,2 МПа. Фільтр має підвідний колектор для подачі осаду та стисненого повітря, відвідний колектор для видалення фільтрату і колектор для подачі води під тиском для віджимання осаду. Продуктивність фільтр-преса 2-7 кг сухої речовини осаду на 1 м² поверхні фільтра за 1 год. Фільтрат з допомогою насоса Н-47 відправляється на початок очисних споруд до стадії ТП 4.1.

Перед подачею на зневоднення необхідно здійснити кондиціювання осаду. На даному етапі відбувається контроль тиску на КП 46.1, що має становити 0,067 МПа.

ЗВ 13. Підсушування осаду на аварійних мулових майданчиках

У разі несправності фільтр-преса після камери дегельмінтизації частина осаду (20% річної витрати) надходить на аварійні мулові майданчики ММ-48, а потім — вивозиться.

Майданчики плануються з 4-7 каскадів по 4-8 карт у кожному. Корисна площа однієї карти приймається від 0,25 до 2 га. Ширина і довжина карт приймається залежно від похилу місцевості, так само, як і довжину — відповідно, відношення ширини карти до її довжини має знаходитись в межах 1:2-1:2,5. Висота огорожувальних валиків і насипів для доріг - до 2,5 м, а робоча глибина карт на 0,3 м менше від висоти огорожувальних валиків.

Площа майданчиків для зберігання зневодненого осаду при тривалості зберігання 3 місяці і висоті шару осаду 2 м має становити:

$23,5 \times 3 \times 30 / 2 = 1058 \text{ м}^2$. Корисна площа мулових майданчиків, повинна становити 11900 м² [20, табл. 25].

Кількість мулових майданчиків рекомендується прийняти не менше 3 шт.

Дренажну воду з мулових майданчиків необхідно повернути в приймальну камеру очисних споруд. Для цього на мулових майданчиках необхідно влаштувати дренажну насосну станцію Н-49,

ЗВ 14. Підсушування піску та інших мінеральних домішок на піскових майданчиках

Піскові майданчики являють собою дренавані обваловані ділянки.

Пісок та інші мінеральні домішки, затримані у пісколовловлювачах, за допомогою гідроелеваторів направляються на піскові майданчики ПМ-50, де зневоднюються, а потім вивозяться засобами механізації. А дренажна вода потрапляє у голову очисних споруд [17].

3.3 Контроль процесу очищення стічної води

Для досягнення необхідних показників якості очищеної стічної води під час виконання будь-якого технологічного процесу з очищення стічних води міста та сирзаводу повинні здійснюватися належні методи контролю. Точки і параметри контролю виробництва наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Точки і параметри контролю

№	Назва стадії процесу, місце замірів параметра або відбору проби	Параметр, що контролюється	Частота контролю	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Методи контролю	Тип приладу

1	Стічні води міста Кам'янець-Подільський та сирзаводу	Витрати стічних вод, м ³ /добу	1 раз на добу	35000, $\delta=\pm 3\%$	K _T	Акустичний витратомір ЕХО-Р-02
		рН	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	6,5-8,5, $\delta=\pm 0,05$	K _x	Іономір лабораторний І-160. Кластичності 3.
		Масова концентрація завислих речовин, мг/дм ³	Кожні 2 години і 1 раз на добу (середньодобова проба)	720 $\delta=\pm 10\%$	K _x	КНД 211.1.4.039-95
		ХСК, мг/дм ³	2 рази на тиждень	3500 $\delta=\pm (15-30)\%$	K _x	КНД 211.1.4.021-95
		БСК _{повн} , мг/дм ³	2 рази на тиждень	3200 $\delta=\pm (15-30)\%$	K _x	КНД 211.1.4.029-95
		Масова концентрація азоту амонійного, мг/дм ³	1 раз в денну зміну	40 $\delta=\pm (9-20)\%$	K _x	КНД 211.1.4.030-95
2	Підготовка аераційного повітря	Робочий тиск нагнітання в повітродувці, МПа	1 раз на годину	0,163 $\delta=\pm 2,5\%$	K _T	Манометр ОБМ1-100 Межа вимірювання 0-1 Клас точності 2,5

3	Підготовка гіпохлориту	Масова концентрація, г/дм ³	1 раз на годину	30 $\delta=\pm(1-5)\%$	K _x	Концентратомір КОХ-1
4	Підготовка розчину сірчанокислового алюмінію	Масова концентрація сірчанокислового алюмінію, мг/дм ³	1 раз на годину	30 $\delta=\pm(10-15)\%$	K _x	Концентратомір КОХ-1
5	Очищення на піскоуловлювачах	Масова концентрація піску та мінеральних домішок на вході, мг/дм ³	1 раз на добу	23 $\delta=\pm 5\%$	K _x	КНД 211.1.4.045-95
		Масова концентрація піску та мінеральних домішок на виході, мг/дм ³	1 раз на добу	0,8 $\delta=\pm 5\%$	K _x	КНД 211.1.4.045-95
6	Усереднення стічних вод	Витрати стічних вод, м ³ /добу	1 раз на добу	1248 $\delta=\pm 3\%$	K _T	Акустичний витратомір ЕХО-Р-02

3.4 Матеріальний баланс

На очисній станції каналізації під час проведення процесу очищення стічних вод використовуються реагенти такі як хлор, негашене вапно та інші, в різних кількостях. Також в процесі очищення утворюється певна кількість осадів. Для фіксування кількості надходжень і витрат матеріальних ресурсів та відповідності їх обсягів всі дані зображають в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Матеріальний баланс виробництва

Використано				Отримано			
Стадія	Назва сировини, матеріалів та напівпродукти	Кількість		Стадія	Назва кінцевого продукту або напівпродукту,	Кількість	
		г · 10 ⁶	м ³			г · 10 ⁶	м ³
1	2	3	4	5	6	7	8
ДР1	Очищене повітря		37,5	ТП4	Очищене повітря		37,5
ДР2	Газоподібний хлор	62·10 ⁻⁵		ДР1	Аераційне повітря		46500
ДР2	Технічна вода	18		ДР1	Аераційне повітря		
ДР3	Сірчано-кислий алюміній	90		ДР2	Розчини сірчано-кислого алюмінію	0,01	
ТП4	Забруднена стічна вода		35000	ТП4	Пісок та мінеральні домішки	94000	

ТП4	Аераційне повітря		2020	ТП4	Очищене повітря		37,5
ТП6	Аераційне повітря		22640	ТП6	Очищена стічна вода	0,95	
ПВ 13	Аераційне повітря		12000	ПВ 13	Очищена стічна вода	0,95	
Всього:		96136,3	71660	Всього:		94002	46575

4. ВИБІР І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ

4.1 Розрахункові витрати стічних вод

Згідно завдання середня витрата стічних вод міста і підприємства складає:

$$Q_{\text{сеп.доб}} = 35000 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Середньогодинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сеп.год}} = \frac{Q_{\text{сеп.доб}}}{24} = \frac{31000}{24} = 1459 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сеп.с.}} = \frac{Q_{\text{сеп.доб}}}{60 \cdot 60} = \frac{31000}{60 \cdot 60} = 0,405 \text{ м}^3 / \text{с.}$$

Середньосекундна витрата в дм^3 становить:

$$q_{\text{сеп.с.}} = Q_{\text{сеп.с.}} \cdot 1000 = 0,405 \cdot 1000 = 405 \text{ дм}^3 / \text{с.}$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max.с.}} = K_{\text{max}} \cdot q_{\text{сеп.с.}} = 1,523 \cdot 406,277 = 619 \text{ дм}^3 / \text{с.},$$

$$q_{\text{min.с.}} = K_{\text{min}} \cdot q_{\text{сеп.с.}} = 0,641 \cdot 406,277 = 260 \text{ дм}^3 / \text{с.},$$

Максимальна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{max}} = 3,6 \cdot q_{\text{max.с.}} = 3,6 \cdot 618,541 = 2227 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Розрахункові концентрації забруднень стічних вод

$$N = \frac{Q_{\text{сеп.доб.}}}{a} \cdot 1000 = \frac{31000}{300} \cdot 1000 = 103000 \text{ чол.}$$

$$C = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{доб}}} = \frac{300 \cdot 103333,3}{31000} = 1000 \text{ мг} / \text{дм}^3.$$

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{3P} = \frac{a_{3P} \cdot N}{Q_{\text{доб}}} = \frac{65 \cdot 103000}{31000} = 217 \text{ мг} / \text{дм}^3.$$

Концентрація органічних речовин за БСК_{повн} у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{\text{БСК}} = \frac{a_{\text{БСК}} \cdot N}{Q_{\text{доб}}} = \frac{75 \cdot 103000}{31000} = 250 \text{ мг} / \text{дм}^3.$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

$$C_{ПАР} = \frac{a_{ПАР} \cdot N}{Q_{поб}} = \frac{2,5 \cdot 103000}{31000} = 8,3 \text{ мг / дм}^3.$$

Концентрація забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод визначається за формулою:

$$C_{\text{сум.зр.}} = \frac{C_{\text{зр.поб}} \cdot Q_{\text{сер.д.}} + C_{\text{зр.вир}} \cdot Q_{\text{сер.д.}}}{Q_{\text{сер.д.поб.}} + Q_{\text{сер.д.вир}}} = \frac{217 \cdot 31000}{31000 + 4000} = 192 \text{ мг / дм}^3,$$

4.2 Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод

Нормативи якості води у водоймі

Необхідний ступінь очищення розраховується за методом Фролова-Родзілера. Згідно завдання, водойма відноситься до господарсько-питного водокористування. У розрахунковому створі за течією річки на 2 км від найближчого пункту водокористування повинні забезпечуватися наступні показники якості води:

- завислі речовини $< 0,75 \text{ мг/дм}^3$;
- біохімічна потреба в кисні – 6 мг/дм^3 при температурі 20°C ;
- розчинений кисень – 4 мг/дм^3

Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки, визначається за формулою:

$$E = \frac{V_{\text{cp}} \cdot H_{\text{cp}}}{200} = \frac{1,4 \cdot 3,6}{200} = 0,025,$$

де V_{cp} - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання); H_{cp} - середня глибина річки на тій же ділянці, м (згідно завдання).

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки, визначається за формулою:

$$\alpha = \phi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_{\text{сер.с.}}}} = 1,4 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,025}{0,405}} = 0,83,$$

де φ - коефіцієнт звивистості річки, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій; ξ – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму (при русловому випуску – 1,5; при береговому – 1,0); q - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м³/с.

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} \right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - e^{-0,83 \sqrt[3]{2000}}}{1 + \left(\frac{18}{0,405} \right) e^{-0,83 \sqrt[3]{2000}}} = 0,997,$$

де L - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м (згідно завдання); Q - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, м³/с (згідно завдання); q - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м³/с.

Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у водойму, становить:

$$C_{\text{ГДС}}^{\text{ЗР}} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} + 1 \right) + C_{\phi} = 0,75 \cdot \left(\frac{0,997 \cdot 18}{0,405} + 1 \right) + 15 = 49 \text{ мг} / \text{дм}^3,$$

де p - приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм³ (0,75 г/м³); C_{ϕ} - фоновая концентрація завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання).

Допустиме значення БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму:

$$\begin{aligned} C_{\text{ГДС}}^{\text{БСК}} &= \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{сеп.с.}}} \cdot \left(\frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k \cdot t}} - C_{\text{БСК}}^{\phi} \right) + \frac{C_{\text{БСК}}^{\text{н}}}{10^{-k \cdot t}} = \\ &= \frac{0,997 \cdot 18}{0,405} \cdot \left(\frac{3}{10^{-0,083 \cdot 0,0165}} - 4,5 \right) + \frac{3}{10^{-0,083 \cdot 0,0165}} = 73,5 \text{ мг} / \text{дм}^3, \end{aligned}$$

де k - константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, доба⁻¹; t - тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{L}{V_{\text{cp}} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{2000}{1,4 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,0165 \text{ доб},$$

Розрахунок допустимого БСК_{повн} стічних вод, що скидаються у водойму, за розчиненим у воді киснем, без урахування поверхневої ерації водойми. Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена, якщо БСК_{повн} стічних вод не буде перевищувати величину:

$$\begin{aligned} C_{\text{БСК}}^{O_2} &= \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{\text{сер.с.}}} \cdot (O_{\phi} - 0,4 \cdot C_{\text{БСК}}^{\phi} - O_{\min}) - \frac{O_{\min}}{0,4} = \\ &= \frac{0,997 \cdot 18}{0,4 \cdot 0,405} \cdot (7 - 0,4 \cdot 4,5 - 4) - \frac{4}{0,4} = 122,9 \text{ мг / дм}^3, \end{aligned}$$

де $C_{\text{БСК}}^{O_2}$ - БСК_{повн} стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм³; O_{ϕ} – фонові концентрації розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання); O_{\min} - найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі, мг/дм³; $C_{\text{БСК}}^{\phi}$ - фонові значення БСК_{повн} у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм³ (згідно завдання); 0,4 - коефіцієнт для перерахунку БСК_{повн} у БСК₂.

За розрахункові значення БСК_{повн} приймаємо менше з двох отриманих у попередніх розрахунках. Отримані значення концентрації завислих речовин (49 мг/дм³) свідчить про достатність повного біологічного очищення, значення БСК_{повн} (73,5 мг/дм³) свідчить також про повне біологічне очищення, так як досягає значень БСК_{повн}=15 мг/дм³, $C_{\text{зр}}$ =15 мг/дм³. Отже, в даному випадку немає необхідності проектувати споруди для доочищення стічних вод [7].

Розрахунок первинних відстійників

Для видалення зі СВ завислих речовин приймаються радіальні первинні відстійники.

Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$E_{set} = \frac{C_{zp}^n - C_{zp}^k}{C_{zp}^n} \cdot 100\% = \frac{192 - 150}{192} \cdot 100 = 22\%,$$

де C_{zp}^n - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду, мг/дм³; C_{zp}^k - концентрація завислих речовин на виході зі споруди, мг/дм³. Згідно ДБН [8] приймається 150 мг/дм³.

Тривалість відстоювання стічних вод у лабораторних умовах, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод, визначається за (дод. К, табл. К.2) і становить: $t_{set}=570$ с.

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{0,92 \cdot 570 \left(\frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,2}} = 2,11 \text{ мм/с},$$

де K_{set} - коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника (для радіального значення становить 0,45); H_{set} – робоча глибина відстійника, становить 3,0; α - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод і дорівнює 0,92 при середньорічній температурі СВ 23°C ; t_{set} – тривалість відстоювання, с; h – висота циліндра 0,5 м; n_2 – показник ступеня, який залежить від агломерації частинок, приймається 0,2.

Визначається продуктивність первинного відстійника. Для радіального типу відстійника:

$$q_{set} = 2,8 \cdot K_{set} \cdot (D^2 - d^2)(U_o - v) = 2,8 \cdot 0,45 (24^2 - 1,6^2)(2,11 - 0) = 1524 \text{ м}^3 / \text{год},$$

де D – діаметр відстійника, м (приймається типовий радіальний відстійник 24м); d – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника, що становить 1,6 м; V - турбулентна складова при швидкості руху стічних вод у споруді 5 мм/с приймається 0 .

Кількість відстійників повинна бути не менша двох. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{max}}{q_{set}} \cdot K = \frac{2227}{1524} \cdot 1,2 = 1,8$$

де Q_{\max} – максимальна витрата суміші стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$.

З економічної та експлуатаційної точки зору доцільніше використовувати меншу кількість відстійників з більшим діаметром, ніж навпаки. Отже, приймається 2 первинних радіальних відстійника діаметром 24м.

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 24м:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{\max}}{N_{\phi}} = \frac{2227}{2} = 1113 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_o^{\phi} = \frac{q_{\phi}}{2,8 \cdot K_{\text{set}} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1113}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (24^2 - 1,6^2)} = 1,5 \text{ мм/с}.$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{\text{set}}^{\phi} = \frac{1000 \cdot K_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{U_o^{\phi} \cdot \alpha \cdot \left(\frac{K_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 3,0}{1,5 \cdot 0,93 \left(\frac{0,45 \cdot 3,0}{0,5} \right)^{0,2}} = 918 \text{ с}.$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при $C_{\text{поч}}$ і t_{set}^{ϕ} становить $E^{\phi}=30\%$.

При отриманому E^{ϕ} концентрація завислих речовин:

$$C_{\text{зр}}^{\kappa, \phi} = C_{\text{зр}}^n - \frac{E^{\phi} \cdot C_{\text{зр}}^n}{100} = 192 - \frac{30 \cdot 192}{100} = 134 \text{ мг} / \text{дм}^3.$$

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить:

$$M_{\text{ос}} = \frac{(C_{\text{зр}}^n - C_{\text{зр}}^{\kappa, \phi}) \cdot Q_{\text{сер.доб}} \cdot K}{10^6} = \frac{(192 - 134,4) \cdot 40000 \cdot 1,2}{10^6} = 2,8 \text{ т} / \text{добу},$$

де $Q_{\text{сер.доб}}$ - витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{доб}$; $K=1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу.

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{\text{ос}}}{100 - W_{\text{ос}}} = \frac{100 \cdot 2,8}{100 - 95} = 56 \text{ м}^3,$$

де $W_{\text{ос}}$ – вологість осаду, %.

Приймаємо за розрахунком кількість відстійників – 2 споруди, за типовим проектом ТП 902-2-363.83 типові розміри споруди:

- діаметр відстійника 24 м,
- діаметр розподільного пристрою 1,6 м,
- гідравлічна глибина 3,4 м,
- висота зони осаду 0,3 м,
- об'єм зони осаду 210 м³.

Розрахунок аеротенка

Значення БСК_{повн} стічних вод, які надходять в аеротенк, становить 250 мг/дм³. Згідно [1], при концентрації БСК_{повн}<500 мг/дм³ приймається аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу (БСК_{повн}>150 мг/дм³).

Попередньо приймається доза активного мулу в зоні аерації 2,5 г/дм³ та значення мулового індексу 85 см³/г. Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{4}{\frac{1000}{95} - 4} = 0,63,$$

де a_a – доза мулу, що дорівнює 4 г/дм³; J – муловий індекс, який становить 85 см³/г.

Згідно з [1, п.6.145], значення R, при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймається R=0,3 (за допомогою мулоскребів – 0,4; самопливом – 0,6).

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$a_p = a_a \cdot \left(\frac{1}{2R} + 1 \right) = 4 \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot 0.63} + 1 \right) = 7,22 \text{ г/дм}^3.$$

Концентрація органічних забруднень за БСК_{повн} в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

$$L_{\text{сум}} = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a + C_{\text{БСК}}^{\kappa} \cdot R}{1 + R} = \frac{225 + 15 \cdot 0,69}{1 + 0,63} = 144 \text{ мг/дм}^3,$$

де $C_{\text{сум,БСК}}^a$ - показник БСК_{повн} стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 10%, мг/дм³ і становить 225 мг/дм³; $C_{\text{БСК}}^{\kappa}$ - показник БСК_{повн} в очищеній воді після повного біологічного очищення 15 мг/дм³.

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{сум}}}{C_{\text{БСК}}^{\kappa}} = \frac{2,5}{\sqrt{4}} \cdot \lg \frac{144}{15} = 1,2 \text{ год}.$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{max}} \frac{C_{\text{БСК}}^{\kappa} \cdot C_o}{C_{\text{БСК}}^{\kappa} \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot C_{\text{БСК}}^{\kappa}} \cdot \frac{1}{1 + \phi \cdot a_p} =$$

$$85 \cdot \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 7,2} = 16,1 \frac{\text{мг}}{\text{г} \cdot \text{год}},$$

де $\rho_{\text{max}} = 85$ мг/(г·год) – максимальна швидкість окиснення стічних вод; C_o – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається 2 мг/дм³; K_L - константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає 33 мг·БПК_{повн}/дм³; K_o – константа, яка характеризує вплив кисню, становить 0,625 мгО₂/дм³; ϕ - коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає 0,07 дм³/г.

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{сум,БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^{\kappa}}{a_p (1 - S)} \cdot \frac{15}{\rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{сер.р}}} = \frac{225 - 15}{7,2(1 - 0,3) \cdot 16,1 \cdot 0,63} \cdot \frac{15}{23} = 2,68 \text{ год},$$

де S – зольність активного мулу, приймається 0,3; $T_{\text{сер.р}}$ – середньорічна температура стічних вод, становить 23 °С (за завданням).

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 2,68 - 1,2 = 1,48 \text{ год}.$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати:

$$t_{\text{сер}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,63) \cdot 1,2 + 1,48 \cdot 0,63 = 2,89 \text{ год.}$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор визначається за формулою:

$$a_{\text{сер}} = \frac{a_a (1 + R) \cdot t_a + a_p \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{сер}}} = \frac{4(1 + 0,63) \cdot 1,7 + 7,2 \cdot 0,63 \cdot 1,48}{2,89} = 5,03 \text{ г / дм}^3.$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати:

$$q_m = \frac{24(C_{\text{сум, БСК}}^a - C_{\text{БСК}}^k)}{a_{\text{сер}} \cdot (1 - S) \cdot t_{\text{сер}}} = \frac{24(225 - 15)}{5,03 \cdot (1 - 0,3) \cdot 2,89} = 495,3 \text{ мг / г} \cdot \text{добу}.$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, згідно [1, табл.41], яке становить: $I_{\phi} = 94 \text{ см}^3/\text{г}$.

При фактичному значення мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^{\phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{4}{\frac{1000}{94} - 4} = 0,60.$$

Розрахунок вважається завершеним, коли нове значення R_{ϕ} не перевищує попереднього або відрізняється від нього в межах точності розрахунку 5%. Отже, приймається $R = 0,3$.

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\text{max}} = (1 + 0,63) \cdot 1,2 \cdot 2227 = 4356 \text{ м}^3;$$

$$W_p = t_p \cdot R \cdot Q_{\text{max}} = 1,48 \cdot 0,63 \cdot 2227 = 2076 \text{ м}^3,$$

де Q_{max} – максимальна витрата суміші стічних вод, $\text{м}^3/\text{год}$.

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_p = 4356 + 2076 = 6432 \text{ м}^3.$$

Об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{6432}{2} = 3216 \text{ м}^3.$$

Приймається трьох коридорний аеротенк з 2 секціями з робочою глибиною $H = 4,4 \text{ м}$; шириною коридора $B = 4,5 \text{ м}$, номер типового проекту 902-2-178.

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_k} = \frac{6432}{4,5 \cdot 4,4 \cdot 2 \cdot 4} = 40,60 \text{ м},$$

де N – кількість секцій аеротенка, шт.; n_k – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_p}{W} = \frac{2076}{6432} \cdot 100 = 32\%.$$

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$P = 0,8 \cdot C_{3P}^{k,\phi} + K_{\Pi} \cdot C_{\text{сум,БСК}}^a = 0,8 \cdot 134 + 0,3 \cdot 225 = 175 \text{ мг} / \text{дм}^3,$$

де $C_{3P}^{k,\phi}$ – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк, $\text{мг}/\text{дм}^3$; K_{Π} – коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Аеротенки обладнуються системою аерації. Приймається дрібнобульбашкова система аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію, яка визначається за формулою:

$$q_{\text{нов}} = \frac{q_o \cdot (C_{\text{сум}}^{\text{блк}} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a - C_o)} = \frac{1,1 \cdot (225 - 15)}{2 \cdot 1 \cdot 0,77 \cdot 1,06 \cdot (10,1 - 2)} = 17,47 \text{ м}^3 / \text{м}^3,$$

де q_o – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні 1,1 $\text{мг}/\text{дм}^3$; K_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка 1,99; K_2 – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів 1; K_3 – коефіцієнт якості води для міських стічних вод 0,77; K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ($T_{\text{сер.р}}$) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{\text{сер.р}} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (23 - 20) = 1,06,$$

де C_a – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів (h_a) за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4,4}{20,6}\right) \cdot 8,33 = 10,1 \text{ мг} / \text{дм}^3,$$

де C_T – розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного тиску, становить $8,33 \text{ мг/дм}^3$; C_0 – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм^3 .

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{\text{пов}} \cdot H}{t_{\text{сер}}} = \frac{17,47 \cdot 4,4}{2,89} = 26,6 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де H – глибина аеротенка, м.

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати: в аеротенку - $I_a = 0,67 I_{\text{сер}}$, у регенераторі - $I_p = 1,33 I_{\text{сер}}$.

$$I_p = 1,33 \cdot I = 1,33 \cdot 26,6 = 35,4 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

$$I_a = 0,67 \cdot I = 0,67 \cdot 26,6 = 17,82 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

Отримані значення мають бути в межах $I_a^{\min} < I_a$, $I_p < I_a^{\max}$. Приймають $I_a^{\min} = 3,5 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$, $I_a^{\max} = 50 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається за середньою витратою стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{\text{пов}}^{\text{сер}} = q_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{макс}} = 17,47 \cdot 2227 = 38906 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Для подачі повітря застосовують повітродувки.

Розрахунок вторинних відстійників

Вторинні відстійники служать для затримання активного мулу після аеротенків, число яких варто приймати не менше трьох за умови, що усі відстійники є робочими. Доцільно приймати вторинні відстійники того ж типу, що і первинні. Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H_{\text{з.в.}}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_m^\phi \cdot a_a)^{0,5-0,01 \cdot a_i}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,7^{0,8}}{(0,1 \cdot 94 \cdot 4)^{0,5-0,01 \cdot 15}} = 1,44 \text{ , м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}),$$

де $K_{\text{відст.}}$ - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних - 0,4; $H_{\text{з.в.}}$ - глибина зони відстоювання, м; J_m^ϕ – фактичне значення

мулового індексу, 94 см³/г; а_а- концентрація активного мулу в аеротенку, 4 г/дм³; а_т- концентрація активного мулу у воді після відстоювання (15 мг/дм³), мг/дм³.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q} = \frac{2227}{1,44} = 1546 \text{ м}^2,$$

де Q_{max} – максимальна витрата стічних вод з врахуванням рециркуляційної витрати (при необхідності), м³/год.

$$N = \frac{F \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{1546 \cdot 4}{3,14 \cdot 24^2} = 3,4 \approx 3 \text{ шт}$$

Отже, приймається три вторинних відстійника, діаметром 24м, усі відстійники - робочі.

Розміри типових вторинних відстійників згідно ([8], дод. К, табл.К12):

- Номер типового проекту - 902-2-88/75;
- Діаметр – 24м;
- Глибина – 3,7м;
- Діаметр трубопроводу: - підвідного – 1200мм;
- відвідного - 700мм;
- Об'єм зони: - мулової – 280 м³;
- відстійника – 1400 м³.

4.3 Характеристика аеротенка

Аеротенк – резервуар, в якому стічна вода та активний мул насичуються повітрям і перемішуються, внаслідок чого відбувається очищення стічної води.

Для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів в аеротенк потрібно безпосередньо подавати кисень повітря. Активний мул являє собою біоценоз мікроорганізмів – деструкторів та найпростіших, здатних сорбувати на своїй поверхні й окиснювати в присутності кисню органічні речовини стічної води.

Особливістю аеротенка як споруди біологічного очищення є те, що процес очищення можна регулювати до необхідного ступеня. Чим триваліші процеси

аерації, чим більше повітря й активного мулу, тим краще очищується стічна вода. [9, 6]

Система аерації – це важливий елемент будь-якого аеротенка. Ця система складається з комплексу споруд і спеціального обладнання, що забезпечує постачання організмів активного мулу киснем, підтримання мулу в завислому стані і постійне перемішування рідини з мулом.

Аеротенки – витиснювачі з пневматичною аерацією являють собою довгі прямокутні в плані залізобетонні резервуари, які складаються з декількох секцій. Число секцій залежить від кількості стічних вод, які надходять на очисну станцію. Кожна секція розділена на коридори повздовжніми перегородками, які з одного боку не доходять до поперечної стіни резервуара. По цих коридорах послідовно з одного боку в інший проходить стічна вода. Коридорне влаштування дозволяє типізувати поперечні розміри аеротенків і вводити різну ступінь регенерації. Наявність регенератора дає можливість очищати більш концентровані стічні води і збільшити продуктивність агрегату. [9]

Стиснене повітря подається до каналу, розташованого за всією довжиною дна аеротенка. Цей канал перекривається фільтрами.

Останні зазвичай розташовують на дні аеротенка рівномірно на певній відстані усім дном. Середній розмір отворів фільтрів 100 мкм. Витрати енергії 1,15 – 1,40 кВт.год на 1 кг видалених домішок (за БСК). Фільтрні пластини можуть забруднюватись домішками, що містяться у повітрі, а також покриватись бактеріальною плівкою. Тому пластини періодично очищають механічним способом і обробляють кислотами [26].

Аеротенк типу 902-2-178 являє собою двосекційну споруду, кожна секція якої містить по три коридори. В кожній секції один коридор виступає в якості регенератора, а інші два – власне аеротенка. Дана споруда є прямокутної форми з наступними параметрами: довжина коридору – 40,6 метрів, робоча глибина – 4,4 метра, ширина – 4,5 метра.

Аеротенк використовується для повного біологічного очищення органічних речовин, тобто здійснюється повна мінералізація органічних речовин. БСК_{повн} за повного біологічного очищення знижується до 15 мг/дм³. [9]

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

На даному підприємстві згідно проекту наявні небезпечні та шкідливі фактори, що негативно впливають на здоров'я співробітників та можуть спричинити шкоду навколишньому середовищу. До таких факторів відносяться:

- небезпечний рівень напруги;
- рухомі елементи устаткування (насосного обладнання, скребків, зрошувачів, механічних мішалок та інших механізмів);
- підвищений рівень шуму і вібрацій;
- підвищений рівень вологості;
- недостатній рівень освітленості робочої зони;
- газоподібні та рідкі речовини токсичного впливу;
- наявність патогенних мікроорганізмів (бактерії, віруси, найпростіші);
- яйця гельмінтів у стічних водах.

Тому необхідно розробити засоби, що направлені на створення здорових та безпечних умов праці на очисній станції.

Повітря робочої зони

Згідно ДСН 3.3.63042-99 працівники виконують роботу категорії Середньої важкості Пб, працівники лабораторії виконують роботу категорії Легкої важкості Іб працівники, цеху за важкістю відносяться до категорії Па [27].

Разом з системою вентиляції система опалення забезпечує створення в приміщеннях і в зоні робочих місць такий мікроклімат (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 Оптимальний мікроклімат у приміщеннях [27].

Параметр	Категорія робіт	У побутових приміщеннях	У виробничих приміщеннях
----------	--------------------	-------------------------------	--------------------------------

Температура (взимку/влітку), °C	Пб	20-25	16-25
Вологість (взимку/влітку), %		30-61	30-60
Швидкість руху повітря, м/с		0,1-0,25	0,2-0,7

Для зменшення дії шкідливих виробничих факторів передбачені наступні дії:

- Приміщення та робочі місця оснащені системами витяжної вентиляції, що забезпечує вміст шкідливих речовин у повітрі нижче ГДК, регламентованих держаними стандартами та санітарними нормами [46].

- Хлораторні ізолюють від інших виробничих приміщень, в них встановлюють аварійну вентиляцію та газоаналізатори хлору.

Температура поверхні обладнання розраховується за формулою:

$$t_n = t_0 + 2 = 24 + 2 = 26^{\circ}C$$

Де t_0 – оптимальна температура приміщення в теплу пору року.

Шуми та вібрації

Щоб послабити вібрацію, яка може передаватися на робоче місце застосовують амортизуючі сидіння та вібропоглинаючі настили.

Для індивідуального захисту використовують рукавиці та спеціальне взуття. При роботі з ручними машинами, сумарний час роботи в контакті з вібрацією не повинен перевищувати 2/3 робочої зміни.

На виробничих об'єктах для боротьби з шумом проводять такі заходи:

- усунення джерел шуму чи послаблення в процесі конструювання обладнання;
- застосовувати засоби індивідуального захисту;
- профілактичні заходи медичного характеру;
- раціональне планування приміщень та цехів.

Виробниче освітлення

Освітлення робочого місця нормується згідно Державних будівельних норм України ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд». Природне і штучне освітлення [48]. Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає від 300 до 500 лк.

На очисній станції найкраще використовувати штучне та комбіноване освітлення. Біля споруд очищення стічної води - природне верхнє та штучне освітлення. В лабораторіях передбачено природне бокове та штучне освітлення. На складах допоміжних речовин передбачено тільки штучне освітлення.

Штучне освітлення повинно бути пиле та вологонепроникним, щоб уникнути пожежної небезпеки. Тому доцільно встановлювати лампи розжарювання типу БЗГ-300 та БЗГ-20 для місцевого освітлення. Також передбачено використання аварійного, евакуаційного та сигнального штучного освітлення, яке використовується згідно галузевого стандарту і створюється лампами розжарювання типу Б-300, що контролюються щоквартально.

Таблиця 5.2 Санітарні норми освітлення приміщень при штучному освітленні і КПО при природньому і штучному освітленні.

Характеристика зорової роботи	Розряд роботи	Штучне освітлення, лк		КПО, %	
		Комбіноване	Загальне	Природне, бічне	Суміщене, бічне і верхнє
Середньої точності	IV а	750	300	1,5	0,9

Контроль освітленості проводиться один раз на рік за допомогою вимірювального приладу - люксометру. Для кращого розподілення світла стеля, стіни та підлога виробничого приміщення фарбуються у кремовий колір. Окрема перевірка проводиться одразу після заміни освітлювальних ламп.

Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

Відповідно ГОСТ 120.003-74 у виробництві можуть мати місце наступні фактори: фізичні, хімічні та психофізіологічні. Для усунення небезпеки попадання зони рухомих частин виробничого обладнання (змішувачі, відстійники, пісковловлювачі, аеротенк, аеробний стабілізатор та інші споруди очищення стічних вод) передбачене обов'язкове відгородження усіх частин обладнання, які обертаються та рухаються. Обслуговування обладнання проводиться тільки при повному його відключенні від електромережі. Частини машинних пристроїв, що нагріваються до температури понад 25 ° С мають бути теплоізовані або закриті кожухом.

З метою безпечного проведення технологічного процесу перед початком роботи обслуговуючим персоналом перевіряється: наявність цілісності заземлення на обладнанні (насоси, змішувачі, відстійники, решітки, дробарки та ін.); наявність захисних кожухів на частинах механізмів що рухаються й обертаються, стан ущільнювальних прокладок на фланцевих з'єднаннях.

Експлуатація споруд механічного очищення полягає в контролюванні їх роботи, своєчасним очищенням споруд і устаткування та в регулюванні подачі стічної води.

Пісковловлювачі проектується так, щоб робочі проходи мали загороджування, що забезпечують зручне і безпечне проведення робіт, що стосуються очищення камер від піску. Для огляду, очищення і ремонту обладнання пісковловлювачі спорожняють не рідше одного разу на рік .

Для безпечного обслуговування працівниками відстійників передбачено захист повздовжніх проходів. Для створення належних умов для працівників, що обслуговують аеротенк, канали, якими подають стічну воду з активним мулом , а

також канали, якими відводять очищену воду, мають бути шириною до 0,8 м. На каналах холу встановлюють містки шириною 0,8 м і більше, а також на відкритих дренажних каналах глибиною 1 м і більше, для переходу не менше 0,7 м з перилами заввишки не менше 1 м.

Під час експлуатації споруд для оброблення осаду, аварійних мулових майданчиків, встановлюються зручні огорожі, що забезпечують безпечну роботу обслуговуючого персоналу. Також запропоновано встановлення теплого приміщення з санітарно-побутовими майданчиками. У процесі роботи все технологічне обладнання забезпечують ідентифікаційними картками в яких вказано: «обладнання в роботі, дата, оператор та майстер». У процесі роботи персонал дотримується вимог, нормативних актів з охорони праці і запобіжних заходів, що забезпечують захист шкіри, слизових оболонок очей, верхніх дихальних шляхів [28].

Пожежна безпека та електробезпека

Можливими причинами займання на підприємстві може бути розгерметизація обладнання, порушення ізоляції струмопровідних частин в результаті механічного пошкодження, зношення обладнання, вплив вологи і агресивних речовин, несправність сигналізації, відкритий вогонь, розпечені стики, іскри електрообладнання, статична електрика, а також прямий удар блискавки в будівлю. Для попередження займання активного пилу повітря робочої зони, поверхні ізолювані захисними кожухами. Для уникнення удару чи тертя усі рухомі частини обладнання своєчасно змащуються. Встановлюються попереджувальні знаки біля входу до приміщення та біля обладнань. Також ізолюється електропроводка. У якості захисту від дії статичної електрики передбачене заземлення. Для захисту споруди від прямого удару блискавки встановлюється блискавковід. Захист споруд від високих потенціалів, що проходять по зовнішніх наземних металевих комунікаціях здійснюється шляхом приєднання їх на вході до заземлювача.

З метою забезпечення пожежної безпеки в кожному виробничому приміщенні передбачена необхідна кількість первинних засобів пожежогасіння. Протипожежний інвентар знаходиться тільки в спеціально визначених місцях. Для

гасіння пожежі передбачений внутрішній протипожежний водопровід, в приміщенні знаходяться ємності з піском і пожежні щити. У виробничих приміщеннях є вогнегасники: вуглекислотні вогнегасники ВВ - 5, порошкові вогнегасники ВП – 6 [29].

Оцінка пожежної безпеки займає найважливіше місце. Вона полягає у визначенні можливих руйнівних наслідків пожеж і вибухів в цих об'єктах. Кожне приміщення відноситься до відповідних категорій за вибухопожежною безпекою згідно нормативним документам [53]. На підставі цих нормативних документів розроблені насосні станції, які виноситься до категорії Д по пожежній небезпеці. Приміщення станції очистки стічних вод, мають також категорію Д по пожежній небезпеці. Приміщення ЕФК - апаратів відноситься по пожежній небезпеці до категорії А (вибухопожежонебезпечна) , так як в процесі електрохімічної чистки стічних вод в ЕФК - апаратах виділяється водень у кількості 4,29 г/м.

Значення струму і напруги значно більше допустимих ($I=6$ мА, $U=36$ В), тому ураження електричним струмом може призвести до серйозних травм та смертельних випадків. Згідно ГОСТ 12.1.038-82 дане виробниче приміщення відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою. Електроустаткування в даному місці закритого типу. Для забезпечення електробезпеки передбачені: занулення, захисне відключення, ізоляція струмоведучих частин, електричне розділення мереж, сигналізація, знаки безпеки, захисні пристрої, попереджувальні плакати. Також необхідно забезпечити захист обладнання від короткого замикання та перенавантаження, автоматичними вимикачами. На каналізаційній очисній станції не виключені випадки підвищення рівня статичної електрики, що може бути причиною пожежі чи вибуху. Засоби захисту від статичної електрики у відповідності до «Правил захисту від статичної електрики у виробництвах хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості» запропоновано використовувати у вибухо- та пожежонебезпечних приміщеннях та в зонах відкритого устаткування. Також встановлюються попереджувальні знаки в даних місцях. Для попередження можливості виникнення небезпечних іскрових зарядів встановлюються наступні засоби колективного та індивідуального захисту від

статичної електрики згідно ГОСТ 12.4 . 124-83: заземлюючі пристрої, які зазвичай прикріплюються до електрообладнання; нейтралізатори - пристрої для іонізації повітря в місцях виникнення чи накопичення статичної електрики; антиелектростатичні речовини; екрануючі пристрої [28].

ВИСНОВКИ

В результаті виконання даного дипломного проекту було вибрано та обгрунтовано технологію попередньої очистки стічних вод сирзаводу та запроектовано технологію біологічного очищення та фізико-хімічного доочищення суміші стічних вод міста.

На підставі літературного огляду наведено характеристику складу стічних вод сирзаводу.

- Проаналізовано існуючі та вибрано найбільш ефективну технологію попереднього очищення стічних вод підприємства.
- Розраховано витрати і концентрації забруднень у суміші стічних вод та необхідний ступінь очищення при відведенні у природню водойму.
- Розглянувши типові схеми очистки стічних вод, врахувавши їх переваги та недоліки, а також якісний і кількісний склад стічної води та необхідний ступінь очищення, для виконання поставленої задачі була розроблена технологічна схема очисної станції, яка забезпечує ефективну очистку стічних вод даного підприємства.
- Розраховано та вибрано основні очисні споруди для очищення стічних вод міста.
- Запроектовано аеротенк-витиснювач як основну споруду для біологічного очищення стічних вод.
- Розроблено заходи з охорони праці та довкілля.

Графічна частина дипломного проекту складається з трьох креслень формату А1 – технологічної схеми біологічного очищення стічних вод сирзаводу та міста, креслення споруди – аеротенка-витиснювача та апаратурної схеми.

Відповідно до розрахунків було вибрано трьохкоридорний аеротенк-витиснювач типу 902-2-178, який має наступні параметри: довжина коридору – 40,6 метрів, глибина – 4,4 метра, ширина – 4,5 метра. Аеротенк складається з двох секцій, які містять по три коридори. В кожній секції один коридор відводиться на регенератор активного мулу.

При застосуванні запропонованої технології очищення стічних вод сирзаводу і міста Кам'янець-Подільський, стічна вода буде відповідати діючим санітарним нормам скиду забруднюючих речовин у природні водойми за показниками: ХСК, БСК, концентрації завислих речовин, амонійного азоту, нітритів, нітратів і сполук фосфору.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
2. Обладнання та проектування в біоенергетиці та водоочищенні і управління безпекою праці. Підручник / Під. ред. Л. А. Саблій. – Рівне: НУВГП, 2016. – 356 с.
3. Шифрин С. М. Очистка сточных вод предприятий мясной и молочной промышленности / С. М. Шифрин, Г.В. Иванов, Б. Г. Мишуков, Ю. А. Феофанов. – М: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 272 с.
4. Яковлев С. В. Канализация. Учебник для вузов / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, А. И. Жуков, С. К. Колобанов. – М.: Стройиздат, 1975. – 632с.
5. Саблій Л. А. Фізико-хімічне очищення висококонцентрованих стічних вод: монографія / Л. А. Саблій – Рівне : НУВГП, 2013. – 292 с.
6. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2: Методи очищення стічних вод / Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І. – Вінниця: ВНТУ, 2014 – 254.
7. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» напряму підготовки 6.051401 - біотехнологія. Електронне видання. Уклад.: Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.–58с.
8. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мін. регіонального розвитку та житлово-комунального господарства України, 2013. – 96 с.
9. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», – 2002. – 622 с. – ISBN 966-7358-24-0.
10. Гудков А. Г. Механическая очистка сточных вод: учебное пособие / – Вологда: ВоГТУ, 2003. – 152 с. – ISBN 5-87851-225-4.
11. Запольський А.К. «Водопостачання, водовідведення та якість води», -Київ.: Вища школа, 2005. – 670 с.

12. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов, С. В. Яковлев: – М.: Издательство Ассоциация строительных вузов, 2006 – 704 с.
13. Саблій Л. ПА. Рекомендації щодо будівництва та реконструкції каналізаційних очисних споруд м. Дубно Рівненської області.-Рівне, 2015.
- 14.Новиков О.Н. Переработка активного ила на очистных сооружениях / О.Н. Новиков. [Електронний ресурс]-Режим доступу: [<http://www.ecolog-alfa.kalg.ru/page36.html>].
15. Справочник проектировщика инженерных сооружений / В.Ш. Козлов, В. Д. Альшиц, А. И. Аптекман и др. Под редакцией Д. А. Коршунова – 2е изд., перераб.и доп. – К.:Будівельник, 1988.- с.493.
- 16.Голубовская Э. К.. Биологические основы очистки воды / Э. К. Голубовская. — М.: Высшая школа. — 268 с.. 1978
17. Ковальчук В. А. Очистка стічних вод / В. А. Ковальчук. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. – 622 с. – ISBN 966-7358-24-0.
18. Коцар О. М., Леконцева Т. І., Мірошніченко М. В., Пшегалінська Л. В. Утилізація важких металів при очищенні стічних вод. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія, Спеціальний випуск: гідроекологія. – 2010. - № 2 (43). – С. 222 – 225.
19. Зайцев В. А. Промышленная экология / В. А. Зайцев. – М.: Бином, 2012.- 512с.
- 20.Вижевська Т. С., Новицька О. С. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Водовідвідні системи промислових підприємств» для студентів спеціальностей 7.06010108, 8.06010108 «Водопостачання і водовідведення» денної і заочної форм навчання. Частина 1/Вижевська Т. С., Новицька О.С. – Рівне: НУВГП, 2014. – 32с./
21. Исаева А. М. Биологическая очистка. Аэротенки / А. М. Исаева, С. Н. Николаева, Т. В. Малютина, С. Н. Хазов – Пенза: ПГУАС, 2004. – 356 с.

22. Ласков Ю. В., Воронов Ю. В., Калицун В. И. Примеры расчетов канализационных сооружений / Ю. М. Ласков. Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высш. Школа, 1981. – 90с.
23. Гудков А. Г. Проектирование малых очистных сооружений канализации с искусственной биологической очисткой: Учебное пособие / А. Г. Гудков. - Вологда: ВоГТУ, 2000. – 60 с. – ISBN 5-87851-074-X.
24. Конык О. А. Контроль качества воды, атмосферного воздуха и почвы: учебное пособие / О. А. Конык, Т. В. Шахова. – Сыктывкар: СЛИ, 2013. – 145с.
25. Грицик В. Екологія довкілля. Охорона природи - / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://westudents.com.ua/glavy/12880-442-stchn-vodi-ta-sposobi-h-ochischennya.html>.
26. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аеротенками. – М.: АКВАРОС, 2003 – 512 с. – ISBN 5-901652-05-3.
27. Голубовская Э. К.. Биологические основы очистки воды / Э. К. Голубовская. — М.: Высшая школа. — 268 с.. 1978
28. Рябов И. В. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: Справочник. – М.: Химия. – 1970. – 336 с.
29. Макаров Г. В. Охрана труда в химической промышленности / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина. – М.: Химия, 1989. – 496 с.